



Daniel Machado Mendes Belchior Ferreira

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Melhoria do Processo de Enchimento de uma Linha de Embalagens PET numa Empresa do Setor Alimentar

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Carlos Bárbara Grilo
Arguente(s): Prof^a. Doutora Ana Sofia Martins da Eira Dias
Vogal(ais): Prof^a. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2017

Melhoria do Processo de Enchimento de uma Linha de Embalagens PET numa Empresa do Setor Alimentar

Copyright 2017 © Daniel Machado Mendes Belchior Ferreira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

No desenvolvimento da presente dissertação, diversas foram as pessoas que, de maneiras distintas, deixaram o seu contributo e a sua colaboração. Como tal, este espaço dedica-se, unicamente, ao reconhecimento de todas essas pessoas e ao agradecimento especial pelo seu apoio no decorrer deste projeto de dissertação e ao longo de todo o meu percurso académico.

Primeiramente, gostava de agradecer à Professora Helena Navas por me ter permitido a realização deste projeto, pela orientação desta dissertação, pela sua incansável disponibilidade e pela partilha de conhecimentos, ao longo destes meses.

Em segundo lugar, o meu agradecimento à empresa Font Salem e a todos os seus colaboradores, por me terem recebido gentilmente e por se terem mostrado sempre acessíveis e cooperantes. Em especial ao Engenheiro Michel Silva pela aprendizagem proporcionada e pela relação de entreajuda.

Aos meus colegas de estágio pelo apoio e acompanhamento diários prestados: Diogo e Jorge, e a todos os meus restantes amigos de faculdade por todos os momentos memoráveis partilhados durante esta etapa académica.

Por último, à minha família, os meus pais e as minhas duas irmãs, que são a minha maior inspiração. Obrigado pelo esforço em tornarem todos os meus objetivos possíveis, pelo apoio infindável, pela união, pelos conselhos e pela presença constante em todos os momentos da minha vida.

Resumo

As crescentes exigências e alterações dos mercados (nacional e internacional) obrigam as organizações, cada vez mais, a adotarem novas técnicas e abordagens centradas na criação sistemática de soluções inovadoras que facilitem os processos de melhoria contínua. Neste âmbito, surgiu uma oportunidade de estudo de melhoria do processo de enchimento de uma linha de envase de refrigerantes em garrafas PET, numa organização do sector alimentar, a empresa Font Salem.

Nesta perspetiva, recorreu-se a uma análise detalhada da situação inicial da linha de enchimento em estudo. Foram localizadas oportunidades de melhoria, identificados alguns problemas (de gestão e controlo do processo, entre outros) e determinadas as respetivas causas. Posteriormente, foram elaboradas propostas de melhoria e implementadas soluções para os principais problemas da presente linha. Para tal, foram aplicadas, como instrumentos analíticos da metodologia TRIZ, a Matriz de Idealidade, a Matriz de Contradições, bem como a Análise Substância-Campo e, no contexto de redução de desperdícios (custos, recursos e tempos improdutivos) e de aumento da eficiência, foram implementados a 5S, a SMED e o Trabalho Normalizado, ferramentas da filosofia *Lean*.

Desta forma, foi possível reduzir a duração das mudanças de formato na sopradora e na enchedora, assim como adotar estratégias de organização do espaço de trabalho, com o objetivo de diminuir os desperdícios de materiais, consumíveis e recursos no processo de enchimento. Para além disso, procedeu-se também ao planeamento e normalização de procedimentos de trabalho, a fim de tentar eliminar atividades que não acrescentam valor e, consequentemente, reduzir a variabilidade dos métodos de trabalho e aumentar a qualidade do produto final. O desenvolvimento deste projeto permitiu, assim, um aumento de, sensivelmente, 15,6% no desempenho produtivo da linha de enchimento estudada.

Palavras-chave: *Lean*; TRIZ; Idealidade; SMED; 5S; Processo de Enchimento

Abstract

Raising demands and changes in markets (national and international) require organizations to increasingly adopt new techniques and approaches focused on the systematic creation of innovative solutions which facilitate processes for continuous improvement. In this context, there was an opportunity to study the improvement of the filling process of a PET bottling line of soft drinks at Font Salem, a food industry company.

In this perspective, a detailed analysis of the initial situation of the filling line under study was used. Improvement opportunities were located, some problems identified (management and process control, among others) and their respective causes determined. Subsequently, proposals for improvement and solutions to the main problems of this line were elaborated. To this end, the Matrix of Ideality, the Matrix of Contradictions, as well as the Substance-Field Analysis were applied as analytical instruments of the TRIZ methodology. Aiming for waste reduction (costs, resources and unproductive times) and efficiency increase, 5S, Lean philosophy tools, SMED and the Standardized Work, were implemented.

In this way, it was possible to reduce the duration of the changes of format in the blower and in the filler, as well as to adopt strategies of organization of the workspace, with the objective of reducing the waste of materials, consumables and resources in the filling process. In addition, work procedures were planned and standardized in order to eliminate activities that do not add value and hence reduce the variability of working methods and increase the quality of the final product. The development of this project allowed, therefore, an increase of, approximately, 15.6% in the productive performance of the studied filling line.

Keywords: *Lean*; TRIZ; Ideality; SMED; 5S; Filling process

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do Tema e Definição dos Objetivos.....	1
1.2 Metodologia e Contributos do Estudo	2
1.3 Estrutura da Dissertação	3
2. Filosofia <i>Lean</i> e Metodologia TRIZ.....	7
2.1 Fundamentos da Filosofia <i>Lean</i>	7
2.1.1 Origem e Definição do Conceito <i>Lean</i>	7
2.1.2 Pensamento <i>Lean</i>	8
2.1.2.1 Princípios do Pensamento <i>Lean</i>	10
2.1.3 Principais Benefícios e Obstáculos de ser <i>Lean</i>	12
2.1.4 Ferramentas <i>Lean</i>	13
2.1.4.1 Metodologia 5S	13
2.1.4.2 Metodologia SMED	16
2.1.4.3 Trabalho Normalizado	20
2.2 Metodologia TRIZ	20
2.2.1 Introdução à Metodologia TRIZ	21
2.2.2 Características da Metodologia TRIZ.....	23
2.2.3 Conceitos Fundamentais da TRIZ.....	24
2.2.4 Principais Ferramentas da Metodologia TRIZ.....	28
2.2.4.1 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições	29
2.2.4.2 Matriz de Idealidade.....	31
2.2.4.3 Análise Substância-Campo	33
2.3 Ambiente Conjunto <i>Lean</i> -TRIZ.....	39
3. Caracterização da Empresa Font Salem.....	41
3.1 Apresentação da Empresa	41
3.2 Valores, Missão e Objetivos	43
3.3 Produtos	44
3.4 Caracterização da Linha de Enchimento 96.....	45
3.5 Processo de Enchimento de Garrafas PET.....	46
3.6 Processo de Produção de Refrigerantes	47
4. Análise Crítica da Situação Inicial	49
4.1 Identificação dos Problemas Iniciais.....	49

4.2 Análise dos Problemas Identificados e Determinação das Respetivas Causas	52
5. Soluções e Propostas de Melhoria.....	55
5.1 Melhoria do Desempenho da Máquina Combinada de Sopro e Enchimento	55
5.1.1 Melhoria da Gestão Organizacional dos Operadores	60
5.1.2 Redução da Duração das Mudanças de Formato de Garrafa	61
5.1.2.1 Implementação da SMED	62
5.2 Redução de Desperdícios	70
5.2.1 Implementação da Ferramenta do <i>Lean 5S</i>	72
5.2.2 Implementação do Trabalho Normalizado.....	87
5.3 Redução das Paragens por Acumulação	90
6. Conclusões Finais, Resultados e Recomendações.....	93
6.1 Considerações Finais e Resultados	93
6.2 Propostas para Trabalhos Futuros	95
Referências Bibliográficas.....	97
Anexos	103
Anexo A) Operações de <i>Setup</i> na Sopradora (Método Observado).....	103
Anexo B) <i>Checklists</i> de Preparação do Processo de Mudança de Formato na Sopradora	105
Anexo C) Instrução de Trabalho para a Troca de Moldes na Sopradora	110
Anexo D) Operações de <i>Setup</i> na Enchedora (Método Observado)	115
Anexo E) <i>Checklists</i> de Preparação do Processo de Mudança de Formato na Enchedora	116
Anexo F) Documentos da 1ª Avaliação 5S	121
Anexo G) Standards de Limpeza	124
Anexo H) Procedimento de Limpeza para os Componentes da Rotuladora	125
Anexo I) Documentos da 2ª Avaliação 5S	127
Anexo J) Instrução de Trabalho para a “Sleevadora”	129
Anexo K) Exemplo de <i>Checklist</i> da Sequência de Etapas de um Procedimento de Trabalho	131

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Os sete princípios do Pensamento <i>Lean</i>	12
Figura 2.2 - Ferramenta 5S	15
Figura 2.3 - Benefícios da Implementação da Metodologia 5S	16
Figura 2.4 - Definição de tempo de troca.....	17
Figura 2.5 - TRIZ: Processo de resolução de problemas	23
Figura 2.6 - Relação entre os conceitos chave da metodologia TRIZ.....	28
Figura 2.7 - Exemplo de aplicação da Matriz de Contradições	31
Figura 2.8 - Modelo Substância-Campo representativo de um sistema completo	33
Figura 2.9 - Quadro representativo das etapas de construção de um modelo Substância-Campo	34
Figura 2.10 - Simbologia utilizada nos modelos Substância-Campo	34
Figura 2.11 - Sistema incompleto, inexistência de campo "F"	35
Figura 2.12 - Sistema incompleto, inexistência de substância "S2"	35
Figura 2.13 - Sistema completo com efeito prejudicial	36
Figura 2.14 - Sistema completo ineficiente ou insuficiente	36
Figura 2.15 - Solução geral 1	37
Figura 2.16 - Solução geral 2.....	37
Figura 2.17 - Solução geral 3.....	37
Figura 2.18 - Solução geral 4.....	38
Figura 2.19 - Solução geral 5.....	38
Figura 2.20 - Solução geral 6.....	38
Figura 2.21 - Solução geral 7	39
Figura 3.1 - Localização das fábricas da Font Salem.....	42
Figura 3.2 - Fábrica de Santarém	42
Figura 3.3 - Marcas próprias comercializadas pela Font Salem	44
Figura 3.4 - Fluxograma do processo de enchimento da linha em estudo	48
Figura 4.1 - Diagrama de Pareto da frequência de paragens.....	50
Figura 4.2 - Diagrama de Pareto dos tempos de paragem.....	51
Figura 5.1 - Introdução do campo “F3” – programa de formação de operadores.....	61
Figura 5.2 - Alteração da substância “S1” – conversão de operações internas em externas.....	62
Figura 5.3 - Introdução das substâncias “S3” – instruções de trabalho e “S4” – <i>checklists</i>	62

Figura 5.4 - Etapas para a implementação da SMED	63
Figura 5.5 - Redução do tempo de setup na sopradora por etapas de implementação da SMED	66
Figura 5.6 - Redução do tempo de setup na enchedora por etapas de implementação da SMED	68
Figura 5.7 - Tempo de setup da máquina combinada antes da implementação da SMED	69
Figura 5.8 - Tempo de setup da máquina combinada após a implementação da SMED	69
Figura 5.9 - Mesa de trabalho desorganizada e com excesso de materiais	76
Figura 5.10 - Ausência de ferramentas do painel de arrumação	76
Figura 5.11 - Desorganização dos materiais consumíveis da datadora de garrafas	77
Figura 5.12 - Painel informativo	78
Figura 5.13 - Marcação visual do "pé" da tremonha.....	79
Figura 5.14 - Marcação visual da localização dos contentores/caixotes de reciclagem.....	79
Figura 5.15 - Carrinho de moldes da enchedora corretamente organizado.....	80
Figura 5.16 - Rolos consumíveis desorganizados.....	81
Figura 5.17 - Armário de arrumação da rotuladora desarrumado, desorganizado e com resíduos	82
Figura 5.18 - Bancada da "sleevidora" suja e desorganizada	82
Figura 5.19 - Marcação visual do "pé" da rotuladora	83
Figura 5.20 - Exemplo de uma mesa de trabalho organizada	84
Figura 5.21 - Suporte para rolos químicos.....	85
Figura 5.22 - Queda de palete no final de linha	85
Figura 5.23 - Batente introduzido no final de linha	86
Figura 5.24 - Avaliação de desempenho antes e após a implementação da 5S.....	87
Figura 5.25 - Transportadores (curva antes da "sleevidora")	90
Figura 5.26 - Alteração do campo "F2" – balanceamento da velocidade da rotuladora.....	91
Figura 5.27 - Introdução das substâncias "S7" – mesa de acumulação e "S8" – manutenção autónoma...	91

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Benefícios da implementação da SMED	19
Tabela 2.2 - Níveis de Inovação.....	22
Tabela 2.3 - Parâmetros Técnicos da Metodologia TRIZ	29
Tabela 2.4 - Princípios Inventivos da Metodologia TRIZ	30
Tabela 2.5 - Exemplo de uma Matriz Idealidade aplicada ao estudo de um fogão de campismo.....	32
Tabela 2.6 - Abordagem ao conceito de “valor” pela TRIZ Plus e pelo <i>Lean</i>	40
Tabela 4.1 - Frequência de paragens na produção	49
Tabela 4.2 - Tempos de paragem na produção	51
Tabela 4.3 - Análise dos 5 Porquês dos problemas identificados	53
Tabela 5.1 - Matriz de Idealidade aplicada aos parâmetros definidos	56
Tabela 5.2 - Operações internas de <i>setup</i> transformadas em operações externas, na sopradora.....	65
Tabela 5.3 - Conversão da tarefa limpeza de moldes numa operação externa.....	65
Tabela 5.4 - Operações internas de <i>setup</i> transformadas em operações externas, na enchedora	67
Tabela 5.5 - Identificação dos princípios inventivos na Matriz de Contradições	71
Tabela 5.6 - Documento de avaliação dos postos de trabalho	72
Tabela 5.7 - Critérios de avaliação 5S	73
Tabela 5.8 - Documento da avaliação inicial do posto de trabalho da enchedora/sopradora.....	74
Tabela 6.1 - Ganho produtivo após a implementação de melhorias	95

Lista de Siglas

ARIZ – Algoritmo Inventivo de Solução de Problemas

IFS – *International Food Standard*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

PET – Politereftalato de etileno

5S – Cinco S's

1. Introdução

No capítulo introdutório pretende efetuar-se uma primeira abordagem ao trabalho desenvolvido. Primeiramente, apresenta-se um enquadramento das temáticas abordadas, as principais motivações e os objetivos a atingir. Do mesmo modo, são apresentados, seguidamente, as principais contribuições do estudo, bem como a metodologia adotada e a respetiva estrutura geral do documento.

1.1 Enquadramento do Tema e Definição dos Objetivos

Atualmente, com a crescente competitividade, as empresas dependem, cada vez mais, do seu dinamismo, da introdução de novas estratégias e da capacidade de se adaptarem às alterações do mercado. Para além da necessidade de se diferenciarem dos seus concorrentes, é também necessário para as organizações assegurar a melhoria contínua dos seus processos, a fim de reduzir custos operacionais, aumentar a produtividade e garantir a qualidade dos seus produtos ou serviços, ou seja, criar valor.

Perante esta conjuntura, de forma a garantir a melhoria da sua competitividade e rentabilidade, as organizações devem ser capazes de adotar novas práticas e estratégias que assentem na inovação sistemática e na eliminação de desperdícios em toda a cadeia de produção e, por conseguinte, na cadeia de valor. Nesse sentido, surgem ferramentas que, aplicadas simultaneamente, permitem a redução de desperdícios, a identificação de situações problemáticas e o desenvolvimento de soluções inovadoras, que asseguram a sustentabilidade das empresas, a melhoria contínua dos seus produtos e serviços, e uma resposta rápida e eficaz às necessidades dos clientes.

A implementação da filosofia *Lean* pelas organizações visa a redução contínua dos desperdícios em todas as etapas de um processo, isto é, centra-se na eliminação das atividades que não acrescentam valor ao produto, permitindo aumentar a flexibilidade e qualidade dos processos (Pinto, 2008). Contudo, esta filosofia pode complementar-se com outras metodologias. Com o avanço da implementação do *Lean*, começa a surgir a necessidade crescente de encontrar soluções criativas, inovadoras e, por vezes, radicais que possibilitem a melhoria dos processos (Navas, 2015). É neste contexto que a metodologia TRIZ permite auxiliar as organizações. A Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ) possui um conjunto de ferramentas analíticas que podem ser utilizadas como geradores de soluções inovadoras para problemas ou conflitos detetados (Navas, 2015).

A presente dissertação foi realizada no seguimento de um estudo realizado na fábrica de Santarém da empresa Font Salem, líder espanhol na produção e comercialização de cerveja, refrigerantes e água com gás. Esta organização pertence integralmente ao Grupo Damm, um dos maiores produtores de cerveja em Espanha, e distingue-se pela aposta na manutenção dos mais altos níveis de qualidade em cada um dos seus produtos.

O respetivo estudo incidiu na análise de uma linha de enchimento de refrigerantes em garrafas de politereftalato de etileno. Numa primeira abordagem, verificou-se que a linha era relativamente recente, sendo possível também constatar que o processo de enchimento se mostrava pouco eficiente. A baixa produtividade da linha serviu como incentivo para identificar os principais problemas e oportunidades de melhoria na linha referenciada, assim como para a determinação das soluções mais eficazes para as situações problemáticas encontradas. Tal foi possível através da aplicação da metodologia TRIZ e da utilização de ferramentas do *Lean*.

Desta forma, o trabalho desenvolvido teve como principal objetivo a melhoria do processo de enchimento, através do aumento da produtividade da linha em estudo. Assim, de forma a ir de encontro ao objetivo definido, foram apresentadas propostas de melhoria que incluíam alterações de procedimentos, definição de métodos padronizados para as várias atividades que compõem os processos, medidas de organização e limpeza de linha, entre outras, sustentadas pela TRIZ e pela filosofia *Lean*.

1.2 Metodologia e Contributos do Estudo

Como forma de sustentar a realização deste trabalho, foi necessário recorrer a um aprofundamento do conhecimento acerca das metodologias e ferramentas utilizadas: a metodologia TRIZ e a filosofia *Lean*, a fim de encontrar soluções e propostas de melhoria válidas e eficazes. Por conseguinte, a realização deste estudo obedeceu, ordenadamente, à seguinte estrutura metodológica:

- I. Foi definida, em conjunto com o chefe do departamento de enchimento, a linha na qual iria ser realizado o estudo em questão, bem como sugeridas determinadas ferramentas da filosofia *Lean* que a gestão pretendia implementar, na generalidade, em todas as linhas de enchimento, caso se justificasse;

- II. Foram recolhidos e analisados os dados necessários referentes à linha em estudo definida, como por exemplo, os dados relativos aos motivos e aos tempos de paragem de produção, que permitissem uma primeira avaliação dos principais problemas da linha de enchimento e, posteriormente, servissem de comparação;
- III. Foi realizado um trabalho de campo que exigiu a presença contínua na respetiva linha de enchimento, por forma a identificar, por observação direta, desperdícios e possíveis oportunidades de melhoria associados às situações problemáticas que ocorriam. Durante esse período, foi possível conhecer e compreender as etapas do processo de enchimento da linha em estudo;
- IV. Depois de identificados os principais problemas que afetavam o desempenho da presente linha, foram aplicadas ferramentas analíticas da metodologia TRIZ como: a Matriz de Idealidade; a Matriz de Contradições; e a Análise Substância-Campo, no sentido de determinar soluções inovadoras e eficazes para os problemas respetivos.
- V. Após a aplicação da Teoria Inventiva de Resolução de Problemas, foram desenvolvidas várias propostas de melhoria. Dessas propostas, foram implementadas, como ferramentas da filosofia *Lean*, a SMED, a 5S e o Trabalho Normalizado. Outras, apesar de sugeridas, não chegaram a ser aplicadas, pelo que poderão ser consideradas futuramente.

Da realização deste estudo, resultaram contributos positivos para a empresa Font Salem. A utilização conjunta da metodologia TRIZ e das ferramentas do *Lean* permitiu, na linha de enchimento em questão, identificar conflitos, problemas, oportunidades de melhoria, reduzir desperdícios, bem como determinar soluções inovadoras, muitas vezes de baixo custo, para as não conformidades encontradas. Para além disso, as melhorias implementadas contribuíram para melhorar e facilitar o trabalho dos operadores, tornando-o menos exaustivo e mais padronizado.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo o capítulo introdutório atual onde é realizado um enquadramento das temáticas abordadas, apresentados os principais objetivos e contribuições do estudo, a metodologia adotada e, por fim, explicitada a estrutura do documento.

No segundo capítulo, é efetuada a revisão bibliográfica que serve de base de sustentação do estudo realizado. Em primeira instância, foram descritos os fundamentos da filosofia *Lean* e caracterizadas as

ferramentas do *Lean* aplicadas no desenvolvimento deste estudo. Seguidamente, foi efetuado um enquadramento teórico da metodologia TRIZ e dos respetivos instrumentos analíticos utilizados.

No terceiro capítulo, é apresentada a descrição da empresa na qual foi desenvolvido o presente trabalho, caracterizada a linha de enchimento de refrigerantes definida para análise, descrito todo o processo de enchimento e as respetivas etapas que o compõem nessa mesma linha e, por último, analisadas todas as fases do processo produtivo de refrigerantes.

O quarto capítulo debruça-se sobre a análise das situações problemáticas da linha em estudo, através da aplicação do Diagrama de Pareto, ferramenta da qualidade, e da técnica de análise dos 5 Porquês, por forma a identificar os principais problemas da presente linha de enchimento e determinar as respetivas causas-raiz.

No quinto capítulo são apresentadas, com recurso aos instrumentos analíticos da metodologia TRIZ, como a Análise Substância-Campo, a Matriz Idealidade e a Matriz de Contradições, e a determinadas ferramentas *Lean*, tais como a SMED, a 5S e o Trabalho Normalizado, propostas de melhoria ou soluções para os problemas e conflitos mais significativos, assinalados no capítulo anterior.

As conclusões, as considerações finais, as contribuições obtidas para benefício da empresa e as sugestões de propostas para trabalhos futuros integram o sexto capítulo.

Por fim, a informação complementar a este estudo que, devido à sua extensão, não é apresentada nos capítulos mencionados, encontra-se exposta nos seguintes anexos:

- O Anexo A contém todas as operações de *setup*, e respetivas durações, efetuadas na sopradora antes da implementação da SMED.
- No Anexo B, são apresentadas as *checklists* de preparação do processo de mudança de formato na sopradora.
- No Anexo C, apresenta-se uma instrução de trabalho para a troca de moldes na sopradora.
- O Anexo D contém todas as operações de *setup*, e respetivas durações, efetuadas na enchedora antes da implementação da SMED.
- No Anexo E, são exibidas as *checklists* de preparação do processo de mudança de formato na enchedora.
- O Anexo F expõe os documentos de avaliação 5S, referentes à 1ª auditoria, de cada posto de trabalho.

- O Anexo G apresenta *standards* de limpeza para a rotuladora e para a máquina aplicadora de *sleeves* (“sleevadora”), efetuados no âmbito da aplicação da 5S.
- No Anexo H, é apresentado um procedimento de limpeza para a rotuladora, elaborado no âmbito da aplicação da ferramenta do *Lean 5S*.
- O Anexo I contém os documentos de avaliação 5S dos postos de trabalho da máquina combinada (enchedora e sopradora) e da rotuladora e “sleevadora”, referentes à 2ª auditoria.
- No Anexo J, apresenta-se, no âmbito da implementação do Trabalho Normalizado, um exemplo de uma instrução de trabalho para a “sleevadora”.
- Por último, o anexo K exhibe, no contexto da implementação do Trabalho Normalizado, um exemplo de uma *checklist* da sequência de etapas a realizar para a execução eficiente de um determinado procedimento de trabalho.

2. Filosofia *Lean* e Metodologia TRIZ

O presente capítulo abrange a pesquisa e a revisão bibliográfica efetuadas sobre a filosofia *Lean* e a Metodologia TRIZ, aplicadas neste estudo. O mesmo capítulo está dividido em dois subcapítulos. No primeiro são expostas e sistematizadas as bases da filosofia *Lean*, sucedendo-se uma análise aprofundada, no segundo subcapítulo, sobre os fundamentos da Metodologia TRIZ.

2.1 Fundamentos da Filosofia *Lean*

Neste subcapítulo, vai ser feita referência às origens do conceito *Lean*, aos princípios do Pensamento *Lean*, aos principais benefícios e obstáculos da sua aplicação e, por fim, vão ser, ainda, abordadas algumas das ferramentas desta filosofia.

2.1.1 Origem e Definição do Conceito *Lean*

O conceito *Lean* teve a sua origem no Japão, nomeadamente na empresa *Toyota Motor Company*, nos anos 50, num período de reconstrução do Japão após a Segunda Guerra Mundial. Enquanto os Estados Unidos da América estavam em crescimento económico com um paradigma de produção que assentava na produção em massa, no cenário de pós-guerra, o Japão encontrava-se completamente destruído, com grandes perdas a nível de recursos e mercado (Meyers & Stewart, 2002; Suzaki, 2010). Perante esta realidade, a única forma de manter a sustentabilidade das empresas, era encontrar uma forma de produzir em menor quantidade e numa maior variedade determinados produtos ou matérias, uma vez que o nível da procura era baixo. Foi então abandonada a ideia do sistema de produção em massa desenvolvido por Frederick Taylor e Henry Ford, que consistia na produção assistida por máquinas, sem mão-de-obra qualificada, de grandes lotes padronizados, cuja única vantagem era a redução dos custos unitários dos produtos pela sua produção em larga escala, já que a introdução de um novo produto traria custos muito elevados (Womack *et al.*, 2007).

Com o abandono da produção em massa, surgiu um novo sistema de produção desenvolvido na empresa *Toyota* denominado *Toyota Production System*, onde os engenheiros Eiji Toyoda e Taiichi Ohno tiveram um papel fulcral no desenvolvimento e na aplicação deste sistema na empresa (Womack *et al.*, 2007).

Este sistema de produção tinha como objetivo criar um fluxo contínuo que não necessitasse de longos ciclos de produção para ser eficiente, baseado no facto de que apenas uma parte do esforço e do tempo despendidos no fabrico acrescentam valor ao produto final (Melton, 2005). Desta forma, o *Toyota Production System* baseava-se essencialmente na eliminação do desperdício em toda a organização e na atenção pela satisfação do cliente (Womack *et al.*, 2007).

Surge assim a Produção *Lean* que utiliza, em comparação com a produção em massa, menos esforço humano, menos espaço de fabrico, menores custos de investimento em ferramentas e menos tempo na conceção de novos produtos, e promove a diminuição de stocks, a diminuição de defeitos e o aumento crescente da variedade de produtos (Womack *et al.*, 2007).

Desta forma, a Produção *Lean* mudou não só a forma de trabalhar, mas também a maneira de pensar das pessoas, evoluindo assim para uma filosofia de pensamento, o Pensamento *Lean* (Womack *et al.*, 2007).

2.1.2 Pensamento *Lean*

Segundo Pinto (2008), o Pensamento *Lean* (*Lean Thinking*) surgiu como um sistema de gestão direccionado para a redução contínua dos desperdícios em todas as fases ou etapas de um processo ou procedimento, como por exemplo, a redução dos níveis de *stock* entre estações de trabalho ou a diminuição dos tempos de espera entre determinadas tarefas. Assim sendo, o principal objetivo do Pensamento *Lean* é aumentar a qualidade e a flexibilidade dos processos.

O conceito de Pensamento *Lean* foi usado primeiramente pelos investigadores JP Womack e DT Jones no livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*” (Pinto, 2008), onde os autores consideram este termo um “poderoso antídoto” para todas as fontes de desperdício (em japonês: *muda*) (Womack & Jones, 2003).

Posto isto, como a identificação e posterior eliminação dos desperdícios constitui uma das características centrais do Pensamento *Lean*, foram identificadas por Ohno e Shigeo Shingo e, mais tarde, confirmadas por Womack e Jones, as sete fontes originais de desperdício (*muda*) (Pinto, 2008; Suzuki, 1987):

- **Excesso de produção:** a produção é superior à encomenda do cliente (sobreprodução) ou é efetuada fora de tempo (cedo demais). A produção em excesso origina *stocks* elevados e aumenta o fluxo

irregular de materiais e informação que, conseqüentemente, obriga a grandes esforços por parte da empresa, traduzindo-se em desperdício.

- **Tempos de espera:** ocorre quando os equipamentos, os materiais ou os recursos humanos não estão disponíveis nos momentos em que são requeridos. Esses tempos de espera normalmente devem-se a avarias nos equipamentos, a falta de materiais ou a atrasos nas entregas, a falta de recursos humanos ou a falta de autonomia dos colaboradores, a mudanças de ferramentas e a gargalos na produção.
- **Transportes:** deslocções desnecessárias por parte dos operadores que não acrescentam valor, manuseamento de produtos ou movimentos dispensáveis de materiais originam perdas de capital, tempo e energia. Este tipo de desperdício advém do mau planeamento de *layouts* e da má organização e arrumação dos postos de trabalho.
- **Processos inadequados:** quando os próprios processos não geram valor. Este tipo de desperdício resulta da aplicação de recursos desnecessários, da utilização inadequada de equipamentos ou ferramentas e da execução de procedimentos incorretos ou sem a informação necessária.
- **Excesso de *stocks* (inventário):** quando existe excesso de materiais, componentes ou produtos acumulados, que não são necessários aos processos ou por parte dos clientes. O excesso de inventário requer mais manuseamento, tempo, espaço e colaboradores, o que se traduz no aumento dos esforços e dos custos para as organizações, bem como no baixo desempenho das mesmas e no serviço ao cliente. É importante referir também que o excesso de *stocks* tende a encobrir outros problemas nas organizações, que só se tornam visíveis com a redução do inventário até um determinado nível, como são exemplos as falhas de comunicação, o mau planeamento, avarias, longos *setups*, a fraca organização e arrumação, entre outros.
- **Movimentação desnecessária:** resulta de movimentos que não acrescentam valor ao produto. Esta fonte de desperdício está associada a hábitos de trabalho incorretos, à desorganização dos locais de trabalho, ou ao mau posicionamento de materiais e ferramentas.
- **Defeitos:** caracterizam-se por problemas nas fases de processo, na qualidade do produto ou problemas de desempenho na entrega. O defeito constitui um desperdício, visto que implica o gasto dispensável de recursos humanos, materiais e tempo, bem como o desgaste desnecessário de

equipamentos e ferramentas. Para além disso, a ocorrência de um defeito em determinado posto de trabalho, resulta em tempos de espera nas estações seguintes, o que, consequentemente, se traduz no acréscimo de custo ao produto e de *lead time* à produção.

A deteção de defeitos por parte dos clientes, após a entrega do produto, pode também implicar custos de garantia, entregas extraordinárias e perda de cota de mercado para a empresa.

2.1.2.1 Princípios do Pensamento *Lean*

Segundo Womack & Jones (2003), o Pensamento *Lean* resulta da interligação de cinco princípios chave, que visam simplificar o modo como as organizações criam valor para os seus clientes, à medida que todos os desperdícios são eliminados.

Assim, a base da implementação do Pensamento *Lean* nas organizações reside na especificação precisa do **valor** de determinado produto, na identificação da **cadeia de valor** para cada produto, na criação de um **fluxo** sem interrupções, permitindo ao cliente puxar (*pull*) aquilo que quiser, no momento que deseja e, por fim, na procura pela **perfeição** de todo o processo (Womack & Jones, 2003).

- **Definir o valor** - o primeiro passo crítico para a implementação do Pensamento *Lean* consiste na definição de valor. O valor só pode ser definido pelo cliente final e refere-se às características dos produtos ou serviços que satisfazem as expectativas e as necessidades dos clientes (Womack & Jones, 2003). Contudo, medir o valor de componentes não quantificáveis ou intangíveis pode tornar-se uma tarefa difícil. Isto porque “*valor é o que se leva, preço é o que se paga*” e o que qualquer cliente pretende é pagar um preço que seja justificado pelo valor daquilo que adquire. Desta forma, os atributos do produto ou serviço que não cumprem com as expectativas de valor do cliente, constituem oportunidades de melhoria (Pinto, 2008).
- **Identificar a cadeia de valor** – a cadeia de valor é definida como o conjunto de todas as ações específicas necessárias para a obtenção de um determinado produto ou serviço que perfaça o pedido do cliente, através de três atividades críticas de gestão de qualquer negócio: resolução de problemas (desde o desenvolvimento do projeto e da conceção ao lançamento do produto); gestão da informação (inclui a receção do pedido, o planeamento e a entrega); transformação física (o processo de conversão das matérias-primas e da informação nos produtos ou serviços entregues aos clientes (Sundar *et al.*, 2014; Womack & Jones, 2003). A cadeia de valor é, portanto, a sequência

de processos que permite entregar valor ao cliente, sendo constituída por três tipos de ações (Pinto, 2008):

1. As que acrescentam valor ao cliente;
 2. As que não acrescentam valor, mas são necessárias para a empresa;
 3. As que não acrescentam valor e são totalmente desnecessárias.
- **Criar um fluxo contínuo** – depois de definida a cadeia de valor, esta deve ser organizada de forma a eliminar as partes do processo que não acrescentam valor, tornando o processo o mais fluído possível (Pinto, 2008). Criar e manter um fluxo contínuo é a maneira mais eficiente de produção (Rother & Shook, 2003). Isto porque um fluxo sem interrupções impede a acumulação de material em *stock* ao longo da zona de produção (*stocks* intermédios) ou na zona de armazenamento (Womack & Jones, 2003). O objetivo da criação de um fluxo contínuo é conceber produtos ou serviços ao ritmo a que são pedidos pelo cliente (Pinto, 2008).
 - **Implementar um sistema Pull** – ao contrário dos sistemas tradicionais em que os clientes são induzidos a adquirir produtos ou serviços nem sempre desejados, este sistema permite aos clientes “puxar” aquilo que pretendem, no momento que quiserem, ao longo da cadeia de valor. Assim, só é produzido aquilo que for pedido pelo cliente, ou seja só se produz o necessário quando for necessário (Pinto, 2008; Womack & Jones, 2003).
 - **Procurar a perfeição** – consiste no compromisso pela melhoria continua dos processos, isto é, na adoção de práticas direcionadas para a completa eliminação do desperdício e na aposta contínua na criação de valor. Só através da identificação da fonte dos problemas (desperdício) é possível definir as ações certas a tomar para atingir a melhoria contínua (Liker, 2004). Ao nível da perfeição, apenas as atividades que acrescentam valor integram os processos (Pinto, 2008).

Contudo, de acordo com Pinto (2014a), os cinco princípios apresentados apresentam algumas lacunas: consideram unicamente a cadeia de valor do cliente, quando numa organização existe não uma, mas várias cadeias de valor, uma para cada *stakeholder* e, adicionalmente, a preocupação com a eliminação de desperdícios tende a conduzir as organizações a menosprezar as atividades de criação de valor por intermédio da inovação de produtos, serviços ou processos. Por conseguinte, surgem dois novos princípios (Pinto, 2014a):

- **Conhecer os *stakeholders*** – nas cadeias de valor torna-se necessário conhecer e envolver todas as partes interessadas. O futuro de uma organização depende também da satisfação das necessidades das outras partes interessadas (ex. colaboradores).
- **Inovar constantemente** – a aposta na inovação na conceção de novos produtos, novos serviços ou novos processos revela-se crucial para a criação de valor. A Figura 2.1 resume os princípios do Pensamento *Lean*.

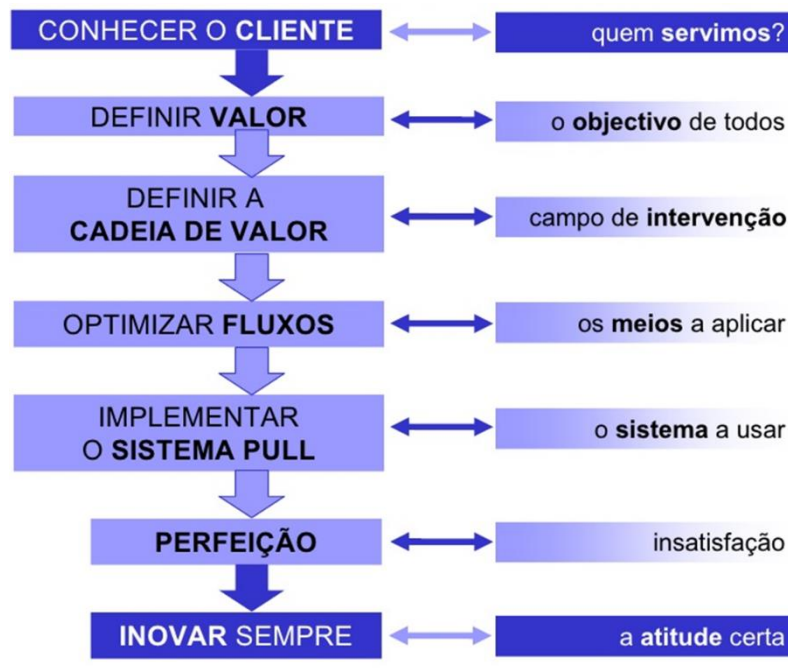


Figura 2.1 - Os sete princípios do Pensamento *Lean* (Pinto, 2014b)

2.1.3 Principais Benefícios e Obstáculos de ser *Lean*

Segundo Melton (2005), os benefícios de ser *Lean* para qualquer organização, em qualquer setor de atividade, podem ser resumidos do seguinte modo:

- Redução do *lead time*;
- Redução de *stocks*;
- Melhoria de processos: processos mais robustos, que conduzem a menos erros (redução do desperdício nos processos);

- Redução dos custos operacionais;
- Maior conhecimento e percepção das necessidades dos clientes;
- Constituição de equipas de trabalhadores mais qualificados, especializados e polivalentes;
- Aumento do conhecimento e entendimento de todos os processos dentro da cadeia de valor.

Por outro lado, o principal obstáculo à implementação do *Lean* nas organizações está na resistência intrínseca que o ser humano tem à mudança. Desta forma, o maior desafio para as empresas está em ultrapassar a inércia associada ao seu estado atual e aos seus hábitos (Melton, 2005).

2.1.4 Ferramentas *Lean*

No âmbito da identificação e eliminação dos desperdícios anteriormente assinalados, existem várias ferramentas e/ou metodologias da filosofia *Lean* que podem ser implementadas e desenvolvidas. No entanto, apenas vão ser destacadas aquelas que foram analisadas, exploradas e usadas na tentativa de melhoria do processo de enchimento da linha onde foi desenvolvido este estudo.

2.1.4.1 Metodologia 5S

A Metodologia Cinco S's foi utilizada como primeira abordagem para a resolução de problemas na Toyota e constituiu um pilar fundamental na implantação de um ambiente de trabalho adequado e favorável para todos os colaboradores (Ablanedo-Rosas *et al.*, 2010).

Esta metodologia advém do acrónimo constituído por cinco sentidos japoneses: *Seiri* (organização), *Seiton* (arrumação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). O objetivo da ferramenta 5S é proporcionar um aumento da produtividade pela manutenção de um ambiente ótimo de trabalho, através da sistematização de atividades de limpeza, arrumação e organização em cada posto de trabalho (Prabowo, 2008).

Seguidamente, são apresentados os cinco sentidos:

- 1) **Seiri** – Senso de triagem e arrumação: esta etapa consiste na análise das áreas de trabalho com o propósito de se proceder à seleção daquilo que é relevante para a execução das atividades (Nakagawa, 2012). Assim, nesta fase, deve começar-se pela identificação e classificação de todos os objetos e documentos que estão presentes no posto de trabalho, de forma a diferenciar os que têm utilização daqueles que são dispensáveis. De seguida, procede-se à definição dos materiais que precisam de ser mantidos no posto de trabalho, que devem ser armazenados noutros locais ou que devem ser eliminados (Pillet *et al.*, 2007). Esta etapa começa no local de trabalho de cada colaborador e estende-se a todas as restantes instalações das organizações, tendo como objetivo evitar que os artigos prescindíveis, que são acumulados, atrapalhem a realização das atividades por parte dos trabalhadores ou reduzam a sua eficiência de trabalho (Nakagawa, 2012).
- 2) **Seiton** – Senso de organização e ordenação: depois de se eliminar aquilo que é desnecessário, deve proceder-se à arrumação e organização do material identificado como necessário (Nakagawa, 2012). Os materiais devem ser organizados de maneira a serem facilmente identificados e alcançados quando forem necessários (Prabowo, 2008). A implementação de sistemas visuais, como a identificação de armários, compartimentos ou equipamentos, torna-se uma mais valia neste senso, visto que simplifica a procura e o armazenamento dos materiais, por pessoas externas ou internas aos locais de trabalho (Brady, 2012; Oakland, 2014).
- 3) **Seiso** – Senso de limpeza e inspeção: esta etapa tem como objetivo principal garantir o bom estado de funcionamento e de limpeza dos postos de trabalho e dos equipamentos (Pillet *et al.*, 2007). Devem ser definidas regras e procedimentos de limpeza e inspeção, especificando-se o que deve ser limpo, os meios de limpeza necessários e por quem e com que frequência devem ser executados (Dennis, 2008).
- 4) **Seiketsu** – Senso de normalização: consiste na padronização dos 3S anteriores, ou seja, é a adoção das três primeiras etapas como práticas constantes e de rotina da organização (Nakagawa, 2012). Para isso, é preciso planear e criar padrões de procedimento, bem como ter em consideração o tempo necessário para que estes possam ser aplicados (Nakagawa, 2012; Oakland, 2014). Desta forma, este senso pode ser designado como o “senso de conservação”, onde a definição de padrões se torna imprescindível para a preservação dos progressos alcançados pela empresa (Pinto, 2008).
- 5) **Shitsuke** – Senso de disciplina: nesta etapa, os 4S anteriores tornam-se uma cultura da organização, isto é, parte integrante da rotina da empresa e dos funcionários. Nesta fase, todos os colaboradores

trabalham automática e consistentemente através de normas e instruções de organização, arrumação e limpeza (Nakagawa, 2012; Pinto, 2008).

Na Figura 2.2, são apresentados os cinco sentidos de uma forma simplificada.

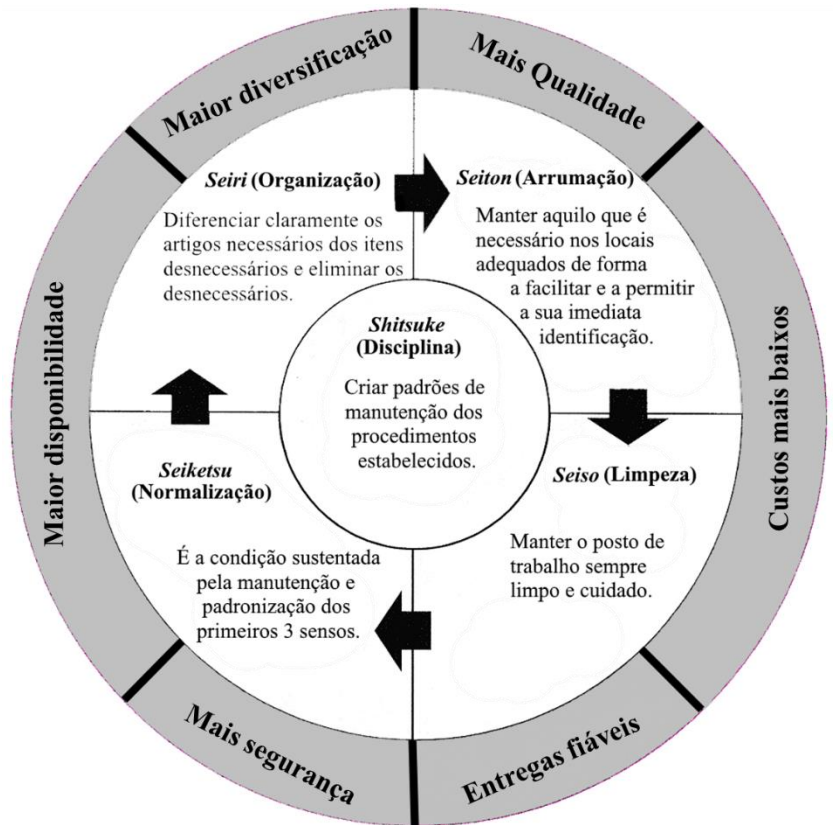


Figura 2.2 - Ferramenta 5S (adaptado de LEI, 2004)

Para além dos cinco sentidos principais acima mencionados, deve ter-se em consideração um parâmetro adicional, mas igualmente importante em qualquer posto de trabalho: a segurança. O objetivo da integração deste aspeto crítico é garantir um ambiente limpo, organizado, mas também seguro para todos os colaboradores (Brady, 2014).

Por fim, é possível identificar, pela Figura 2.3, os benefícios da implementação da metodologia 5S num espaço de trabalho, apresentados de forma resumida e simplificada.

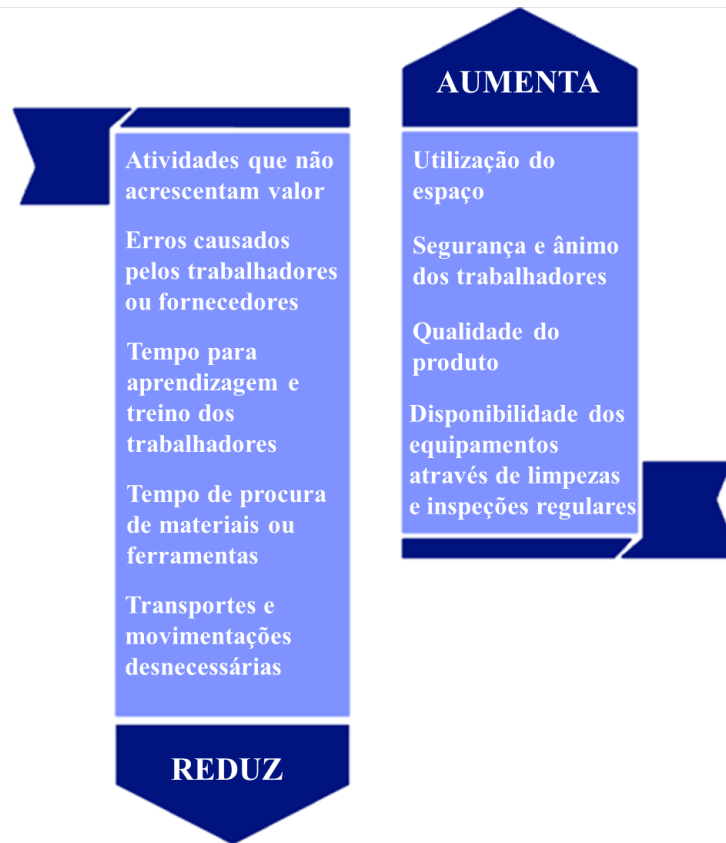


Figura 2.3 - Benefícios da Implementação da Metodologia 5S (adaptado de Brady, 2014)

2.1.4.2 Metodologia SMED

A crescente globalização conduziu ao aumento da flexibilidade produtiva nas organizações. Na tentativa de se tornarem mais competitivas, as empresas começaram a apostar na produção em pequenos lotes de uma maior variedade de produtos. Contudo, este tipo de produção implica o aumento da frequência dos processos de *setup* (Costa *et al.*, 2013). As operações de *setup* referem-se às atividades de mudança de produtos, ferramentas ou de ajustes e afinações nos equipamentos, que não acrescentam valor aos processos (Pinto, 2008), sendo o tempo total da troca correspondente ao intervalo de tempo entre a última peça conforme da produção atual e a primeira peça conforme da produção seguinte, como está explícito na Figura 2.4 (Imen, 2005). Desta forma, a redução dos tempos de *setup* torna-se primordial para as empresas que pretendam aumentar a capacidade de produção, isto é, produzir mais, ou expandir a sua variedade de produtos (Kumar, 2013).



Figura 2.4 - Definição de tempo de troca (adaptado de Imen, 2005)

A metodologia que “revolucionou a gestão de operações neste domínio” foi sugerido por Shigeo Shingo na década de 60 e é conhecida por SMED (*Single Minute Exchange of Die*) (Pinto, 2008).

O termo SMED é definido por Shingo, teoricamente, como um conjunto de técnicas que permitem executar as operações de *setup* em menos de 10 minutos, isto é, num número de minutos expresso apenas por um único dígito. Contudo, Shingo também reconhece que nem todas as operações de troca podem ser efetuadas nesse espaço de tempo, afirmando que, quando não é praticável a realização da troca no tempo objetivo, é quase sempre possível uma redução drástica no respetivo tempo de *setup* (Shingo, 1985).

Implementação da SMED

A implementação da metodologia SMED depende do cumprimento de quatro etapas conceptuais (Shingo, 1985):

- Etapa preliminar – Não existe distinção entre operações de troca internas e externas.
- Etapa 1 – Separação entre operações de troca internas e externas.
- Etapa 2 – Conversão das operações de troca internas em externas.
- Etapa 3 – Melhoria sistemática de cada operação de troca, interna e externa.

Etapa preliminar: esta fase consiste na observação e na análise detalhada do processo atual de *setup* não planeado. Nesta etapa devem ser observadas todas as atividades realizadas durante o processo de troca, que inclui as tarefas realizadas com o equipamento parado – operações internas, e as tarefas que podem ser efetuadas com o equipamento em funcionamento – operações externas. No entanto, nesta fase, não existe qualquer distinção das atividades, pelo que a troca de matérias ou ferramentas é efetuada com a máquina parada. No sentido de garantir uma apreciação correta e adequada do processo de *setup*, é solicitado o uso

de algumas técnicas como a utilização de cronómetro, filmagem, entrevistas ou conversas com os colaboradores e, ainda, a observação informal (Shingo, 1985).

Etapas 1: é considerada a etapa mais importante na implementação da SMED e consiste na organização das atividades identificadas na etapa anterior, ou seja, envolve a separação e distinção entre dois tipos de operação (Shingo, 1985):

- Operações de *setup* interno: abrange atividades de montagem ou remoção de ferramentas/moldes, de limpeza de equipamentos ou de moldes/ferramentas, bem como ajustes e afinações de máquinas, isto é, atividades que só podem ser efetuadas com o equipamento parado (Imen, 2005).
- Operações de *setup* externo: envolve atividades de preparação de material e de ferramentas, de análise de instruções, de arrumação, entre outras atividades que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento (Imen, 2005).

Esta etapa é considerada crucial para o sucesso da implementação desta metodologia, visto que a separação dos dois tipos de operações de troca permite expor e assinalar muitas das atividades internas que poderiam ser executadas com a máquina em funcionamento (Shingo, 1985).

Etapas 2: a redução dos tempos de *setup* internos obtida na etapa anterior revela-se, ainda, insuficiente para alcançar o tempo objetivo estabelecido pela SMED. Por conseguinte, nesta etapa, torna-se essencial reavaliar todas as atividades e operações identificadas nas fases anteriores, verificar se alguma delas foi, erroneamente, assumida como interna e reexaminar as suas verdadeiras funções, de forma a averiguar a possibilidade de converter alguma atividade de *setup* identificada como interna, numa operação de *setup* externa (Shingo, 1985; Sugai *et al.*, 2007).

Etapas 3: o objetivo desta etapa é encontrar oportunidades de melhoria em cada uma das operações elementares de *setup*, internas e externas, já que é improvável que se consiga alcançar a meta de tempo de *setup* proposta pela metodologia SMED apenas com a conversão de operações internas em operações externas (Shingo, 1985, 1989).

Assim, nesta etapa devem ser examinadas todas as atividades de troca, no sentido de verificar a possibilidade de proceder à sua eliminação, como por exemplo a supressão de ajustes e afinações, ou à sua agilização através de procedimentos e técnicas que possibilitem tornar mais fácil, rápida e eficaz a sua realização (Moreira & Pais, 2011; Shingo, 1989).

Benefícios da Implementação da SMED

De acordo com Shingo (1989), a SMED constitui a ferramenta mais eficaz na redução dos tempos de *setup*, o que permite, conseqüentemente, diminuir os tempos improdutivos e aumentar a produtividade das organizações (Kumar, 2013). A Tabela 2.1 apresenta os benefícios da implementação da metodologia SMED.

Tabela 2.1 - Benefícios da implementação da SMED (adaptado de Rangel et al., 2012)

Benefícios	Motivo
Redução de <i>stocks</i>	Com a redução dos tempos de <i>setup</i> é possível responder a pedidos diversificados de baixo volume, sem acumular <i>stocks</i> .
Aumento da taxa de utilização do equipamento e da sua capacidade produtiva	A redução dos tempos de <i>setup</i> permitem aumentar os índices de utilização dos equipamentos e a produtividade.
Eliminação dos erros de <i>setup</i>	Com a eliminação de algumas operações dispensáveis de <i>setup</i> e com a melhoria sistemática das restantes operações é reduzida a ocorrência de erros.
Aumento da qualidade	Com a redução dos erros e a regulação das condições operacionais antecipadamente é possível melhorar a qualidade.
Mais segurança	A simplificação das trocas torna mais segura a execução das operações.
Simplificação das atividades de organização	A normalização do <i>setup</i> reduz o número de ferramentas necessárias.
Menores despesas	Aumenta a produtividade e os custos diminuem.
Preferência do operador	A simplicidade e rapidez das trocas facilita o trabalho do operador.
Menor exigência de qualificação	A simplicidade das operações de troca reduz a necessidade de mão-de-obra qualificada.
Redução do tempo de produção	A produção em pequenos lotes e a diminuição dos tempos de espera permitem reduzir o tempo de produção.
Aumento da flexibilidade de produção	Permite a resposta rápida a alterações de pedidos e ordens de produção.
Eliminação de contradições conceptuais	O aumento do número de trocas não é sinónimo de menor produtividade.

2.1.4.3 Trabalho Normalizado

A normalização do trabalho centra-se na elaboração e implementação de procedimentos para a execução das operações integradas nas várias etapas que compõem um processo (Liker & Meier, 2007). O objetivo da padronização do trabalho é uniformizar os processos, isto é, garantir que todos os trabalhadores assumem os mesmos procedimentos, o mesmo modo de trabalho e utilizam as mesmas ferramentas, no desempenho das suas funções (Pinto, 2014b).

A inexistência de trabalho normalizado promove a variabilidade e heterogeneidade dos métodos de trabalho, o que, conseqüentemente, resulta na necessidade de repetição de certas atividades realizadas anteriormente de forma inadequada, no aumento da ocorrência de erros e irregularidades, na diminuição da segurança no local de trabalho e, ainda, na redução da qualidade dos produtos (Kim *et al.*, 2007).

Para implementar o trabalho normalizado, as organizações devem inicialmente fazer uma análise detalhada do processo produtivo e dos métodos de trabalho utilizados, assim como identificar as atividades básicas do processo respetivo. A segunda etapa consiste na seleção e aperfeiçoamento do método de trabalho mais adequado, através da definição da ordem mais apropriada de realização das operações. Por fim, a terceira etapa integra a documentação das normas e procedimentos estabelecidos, de modo a assegurar a realização de todas as atividades por parte de todos os trabalhadores, de acordo com o que ficou estabelecido. É importante incluir e ter em consideração a opinião dos operadores durante a implementação desta ferramenta, uma vez que são eles os que melhor conhecem os processos e as suas falhas (Liker & Meier, 2007; Martin, 2009)

Concluindo, a implementação do trabalho normalizado possibilita a redução do desperdício nos processos, garantindo a realização das operações da forma mais eficiente. Desta forma, é possível atingir e manter o mesmo nível de qualidade na produção, independentemente de quem desempenha ou realiza as atividades (Abdullah, 2003).

2.2 Metodologia TRIZ

No presente subcapítulo, vai ser feito o enquadramento teórico da TRIZ, onde vão ser abordados os conceitos e as características fundamentais desta metodologia, bem como referidas e analisadas algumas das suas principais ferramentas analíticas.

2.2.1 Introdução à Metodologia TRIZ

Atualmente, num mundo cada vez mais competitivo e exigente, as organizações vêem-se constantemente forçadas a procurar atitudes inovadores e criativas para o desenvolvimento de novos produtos e/ou serviços, de novas políticas e de novas soluções. Nesse sentido, a urgência na satisfação das necessidades do mercado, exige decisões e iniciativas inovadoras baseadas em procedimentos e metodologias sistemáticas, o que pressupõe que o processo criativo seja planeado e controlado (Navas, 2016). “A inovação tem de ser servida no momento certo e na dose certa” (Navas, 2017).

Foi neste contexto que Genrich Saulovich Altshuller, um engenheiro mecânico, nos anos 50, começou a desenvolver a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, habitualmente conhecida pelo acrónimo TRIZ, na antiga União Soviética (Carvalho & Back, 2001). Após a Segunda Guerra Mundial, Genrich Altshuller iniciou, com a colaboração de outro investigador, Rafael Shapiro, uma análise sistemática a aproximadamente 2,5 milhões de patentes russas, onde conseguiu verificar que vários dos sistemas de solução elaborados para diferentes campos técnicos tinham como base comum um pequeno número de princípios inventivos (Li & Huang, 2009; Navas, 2016).

Deste modo, Altshuller constatou que mais de 90% dos problemas com que os engenheiros se deparavam tinham sido, previamente, solucionados noutra área técnica, o que validava a hipótese de que a maioria das soluções poderiam derivar do conhecimento já adquirido noutro tipo de indústrias ou organizações. Isto significava que a solução para a grande parte dos problemas estava na melhoria de sistemas de resolução já existentes, uma vez que apenas uma percentagem mínima das resoluções dependia de soluções baseadas em novas descobertas científicas (InnoSkills, 2009).

Após sistematizar as soluções descritas nos registos das patentes, Altshuller dividiu-as em cinco níveis. O primeiro nível corresponde a 30% da totalidade das patentes analisadas, o segundo nível corresponde a 45% do total das mesmas, o terceiro a 20%, o quarto nível representa 4% e, por fim, o quinto nível equivale a menos de 1% do total de patentes analisadas. Os níveis de inovação são apresentados e descritos na Tabela 2.2 (Navas, 2013b).

Tabela 2.2 - Níveis de Inovação (adaptado de Navas, 2013)

Nível	% da totalidade das patentes analisadas	Descrição
1	30%	Soluções de rotina ou convencionais utilizando métodos conhecidos na respetiva área técnica da especialidade.
2	45%	Pequenas correções ou melhorias em sistemas já existentes, com recurso a métodos conhecidos na indústria.
3	20%	Soluções criativas de projeto, resultantes de melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de uma determinada área industrial.
4	4%	Soluções procedentes de novos princípios científicos.
5	<1%	Soluções inovadoras, fora do conhecimento existente, baseadas em novas descobertas científicas, anteriormente nunca exploradas.

A metodologia TRIZ é especialmente apropriada para o auxílio na elaboração de soluções dos níveis 3 e 4 de inovação, onde a aplicação elementar de “boas práticas” tradicionais de engenharia ou gestão não apresenta resultados significativos. Este tipo de problemas é composto, normalmente, por contradições técnicas, isto é, a melhoria de uma característica do sistema conduz à degradação de outra. Ao contrário dos métodos de resolução tradicionais que procuram solucionar esses conflitos através de compromissos aceitáveis, a TRIZ visa a resolução dos problemas através da aplicação de soluções inovadoras (Navas, 2013b, 2014a).

De acordo com a TRIZ, o mesmo problema pode conter soluções com diferentes níveis de inovação, pelo que a classificação da TRIZ em cinco níveis de inovação possibilita a análise e avaliação das várias iniciativas de inovação propostas para resolução do respetivo problema (Navas, 2014a).

Esta metodologia, partilhada mundialmente a partir dos anos 80, tem vindo a ser utilizada de forma eficaz na resolução de problemas nos mais variados campos técnicos, desde a engenharia à educação, aos sistemas financeiros e às estratégias políticas. A aplicação diversificada da TRIZ torna-se possível, porque o conhecimento, nesta metodologia, é baseado em diferentes áreas científicas referentes ao estudo da natureza, do comportamento social e ao estudo dos objetos artificiais (Navas, 2016; Savransky, 2000).

Assim, a TRIZ, com base no conhecimento destes três grandes grupos, constitui uma metodologia bem estruturada e eficaz para a resolução de problemas e conflitos, permitindo tomadas de decisão rápidas e assertivas, através de um processo inventivo que vem substituir os tradicionais métodos de procura de soluções, como o método de “tentativa e erro” ou o *brainstorming*. Este últimos apresentam uma abordagem não sistemática (Ruchti & Livotov, 2001; Savransky, 2000).

Por fim, o processo de resolução de problemas definido pela TRIZ envolve os seguintes passos, representados na Figura 2.5 (Navas, 2017):

1. Definir o problema específico e formalizá-lo;
2. Identificar as contradições;
3. Procurar exemplos de soluções utilizadas anteriormente ou utilizar princípios já definidos;
4. Aplicar as soluções genéricas ao respetivo problema, de modo a encontrar a solução específica.

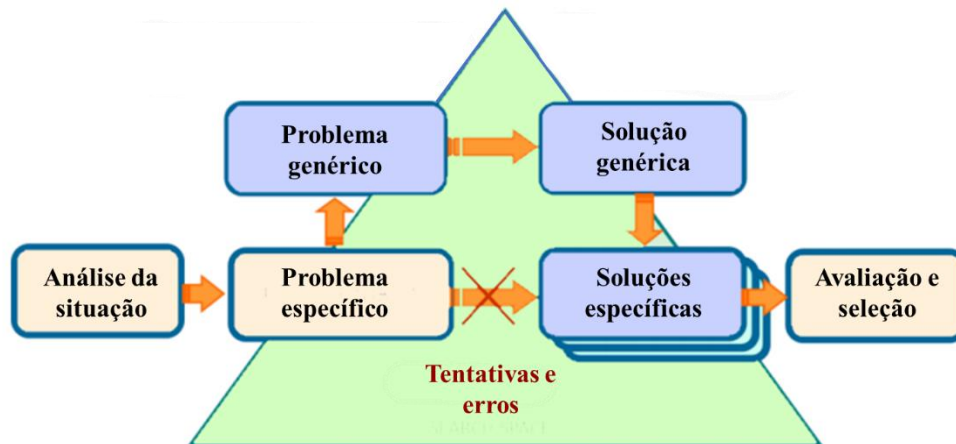


Figura 2.5 - TRIZ: Processo de resolução de problemas (adaptado de Souchkov, 2014)

2.2.2 Características da Metodologia TRIZ

A metodologia TRIZ pode ser definida com base num conjunto de determinadas características, apresentadas de seguida (Savransky, 2000):

- **Abordagem sistemática:** baseada em procedimentos orientados para a resolução de problemas e em heurísticas sistematicamente estruturadas, com o propósito de aplicar, eficazmente, soluções conhecidas para os novos problemas.

- **Baseada no conhecimento:** a TRIZ baseia as suas heurísticas de resolução de problemas genéricos no conhecimento experimental extraído da análise de inúmeras patentes, em diferentes áreas da engenharia, no conhecimento científico das mais variadas áreas e no conhecimento do domínio de técnicas e processos tecnológicos onde o problema ocorre.
- **Orientada para o ser humano:** as heurísticas da metodologia TRIZ são concebidas para utilização humana e não computacional. Isto porque a TRIZ é baseada em operações arbitrárias, que dependem do problema em si e de circunstâncias socioeconómicas, as quais não podem ser desempenhadas por um computador ou necessitam de um grande esforço para o desenvolvimento de um programa computacional específico. Por conseguinte, torna-se mais eficiente o discernimento humano.
- **Resolução inventiva de problemas:** a metodologia TRIZ é orientada para a resolução de uma classe de problemas que envolve contradições, onde o objetivo é recorrer à criatividade de uma solução ideal, obtida com base em recursos ou técnicas já existentes.

2.2.3 Conceitos Fundamentais do TRIZ

Para um pleno entendimento da TRIZ, é imprescindível o conhecimento dos quatro conceitos que compõem e são a base desta metodologia: contradição, idealidade, recursos e padrões de evolução (Savransky, 2000).

Contradição

A Teoria da Resolução Criativa de Problemas, TRIZ, tem por objetivo a procura de soluções para problemas onde a aplicação de métodos tradicionais de engenharia não produz resultados significativos. Esses problemas são constituídos, habitualmente, por contradições. Uma contradição, ou conflito de sistema, ocorre quando a melhoria de uma determina característica afeta negativamente outro parâmetro do sistema, ou seja, basicamente consiste numa incompatibilidade de atributos dentro de um sistema. A resolução desses conflitos, soluciona os problemas (Ilevbare *et al.*, 2013; Navas, 2014b). Altshuller distinguiu, ainda, três tipos de contradições, classificando-as em contradições técnicas, físicas e administrativas (Navas, 2014b; Savransky, 2000).

- A. **Contradições técnicas:** ocorrem quando a tentativa de melhorar certas características ou funções de um sistema (um produto, um processo ou uma organização) conduz à deterioração de outros atributos desse mesmo sistema. Um exemplo desta contradição verifica-se quando se pretende aumentar a velocidade de um carro, através da introdução de um motor maior e mais potente. Apesar do motor aumentar a potência do carro, também contribui com mais peso para o mesmo, o que contraria o objetivo inicial de aumentar a velocidade do carro (Ilevbare *et al.*, 2013; Navas, 2014b).
- B. **Contradições físicas:** ocorrem quando existem requisitos físicos inconsistentes e contraditórios no mesmo sistema, isto é, um sistema pode ser composto por um atributo físico que, simultaneamente, tem um efeito benéfico e adverso. Por exemplo, quanto maior for o tamanho de um guarda-chuva, maior será o efeito de proteção de chuva (efeito benéfico), mas, também, mais incómodo será o seu transporte (efeito adverso), devido ao acréscimo de peso, como consequência do aumento de tamanho (Ilevbare *et al.*, 2013).
- C. **Contradições administrativas:** representam as contradições entre as necessidades e as capacidades de um sistema. Este tipo de contradição acaba por ser mais fácil de eliminar, uma vez que depende da reestruturação do sistema ou do aumento da sua capacidade (Navas, 2014b; Savransky, 2000).

Recursos

Depois de identificadas as contradições de um sistema técnico, deve ser feita uma análise dos recursos disponíveis, a fim de se poder eliminar os conflitos definidos (Navas, 2014c). Na metodologia TRIZ, tudo aquilo que pode ser utilizado na resolução de problemas e na melhoria de sistemas é considerado um recurso, como substâncias, informação, energia ou propriedades de materiais. Para a obtenção de soluções mais eficientes, a TRIZ recomenda a utilização de recursos do sistema existente, de preferência acessíveis e de baixo custo (Navas, 2014c; Rantanen & Domb, 2002).

Rantanen & Domb (2002) comparam os recursos a reservas do sistema, invisíveis à primeira vista por não serem perceptíveis quando se olha para a situação problemática, mas, uma vez identificados, podem ser mobilizados para resolver o problema. Por vezes, a simples identificação de recursos, não aproveitados num sistema, resulta numa solução inovadora (Carvalho & Back, 2001), pelo que a aposta na análise dos recursos

de um sistema e no aumento da sua eficiência de utilização revela-se fundamental para o desenvolvimento de soluções inovadoras, revolucionárias e mais eficazes (Navas, 2014c).

Idealidade

A idealidade de um sistema pode ser definida como um indicador da proximidade a que um sistema se encontra do seu melhor estado possível (Ilevbare *et al.*, 2013). Desta forma, este conceito torna-se um objetivo a alcançar pelas organizações. Para isso, estas têm de melhorar e reestruturar os seus sistemas técnicos e organizacionais, de forma a aumentar o número de funções benéficas e/ou reduzir as funções prejudiciais. Assim, a idealidade pode ser definida e quantificada pela seguinte expressão (Navas, 2014d):

$$Idealidade = \frac{\Sigma(\text{Funções benéficas})}{\Sigma(\text{Funções nocivas} + \text{Custos})} \quad (2.1)$$

As funções benéficas incluem as funções úteis principais, aquelas para as quais o sistema foi concebido, as funções secundárias, outras aplicações úteis, e as funções auxiliares, que servem de apoio às principais, como funções corretivas, de transporte, de controlo, entre outras. Já as funções nocivas integram todos os elementos prejudiciais associados ao sistema, dos quais são exemplo os custos e os gastos de energia e recursos (Navas, 2014d).

Contudo, de acordo com a TRIZ, o “Sistema Ideal” consiste num conceito teórico ou filosófico que é praticamente impossível de alcançar. No entanto, funciona como um estímulo que orienta as organizações na resolução de problemas e na melhoria dos seus sistemas técnicos e organizacionais ao longo do tempo (Navas, 2014d).

Padrões de Evolução

Depois de definidas as contradições, analisados os recursos e identificada a solução final ideal, por vezes, é necessário algo mais para converter o resultado ideal numa solução técnica para o problema, melhor dizendo, é preciso utilizar métodos para o desenvolvimento de soluções aplicáveis (Rantanen & Domb, 2002).

Através da análise intensiva das inúmeras patentes, Altshuller observou que os sistemas técnicos apresentavam geralmente determinadas regularidades comuns no seu desenvolvimento. Desta forma, mais

tarde, essas mesmas conformidades converteram-se em padrões de evolução (Ilevbare *et al.*, 2013). Os padrões de evolução podem ter múltiplas utilidades: apoiam as ferramentas de resolução de problemas, ajudam diretamente a encontrar soluções e podem ser usados para prever a evolução de sistemas (Rantanen & Domb, 2002).

Altshuller definiu oito padrões de evolução, descritos em seguida (Gadd, 2011):

1. **Aumento da idealidade:** aumentam os benefícios e/ou funcionalidades e diminuem os fatores prejudiciais do sistema;
2. **Etapas de evolução de um sistema técnico:** envolve o desenvolvimento do sistema, a integração do sistema no mercado, o rápido aumento da idealidade e manutenção do sistema pelo tempo que é possível, até novos sistemas serem necessários;
3. **Menos envolvimento humano:** mais automação;
4. **Desenvolvimento não uniforme de elementos:** diferentes elementos ou componentes do sistema evoluem de forma distinta e em diferentes momentos;
5. **Simplicidade – Complexidade – Simplicidade:** padrão de repetição, ou seja, com o aumento das funções do sistema, este torna-se mais complexo, mas acaba por ser simplificado ao longo do tempo.
6. **Aumento do dinamismo, flexibilidade e controlo:** o aumento da dinâmica e do controlo nos sistemas conduz a sistemas mais flexíveis.
7. **Transição de macro sistemas para microssistemas com a utilização de campos de energia:** o uso de campos de energia permite transformar sistemas macro tecnológicos em microssistemas, com um melhor controlo e desempenho.
8. **Compatibilidades e incompatibilidades:** quando se pretende melhorar o sistema, prolongar o seu ciclo de vida ou compensar um efeito indesejado, devem ser analisadas as correspondências e incompatibilidades entre os seus elementos.

A Figura 2.6 representa, esquematicamente, a relação entre os conceitos base da metodologia TRIZ.

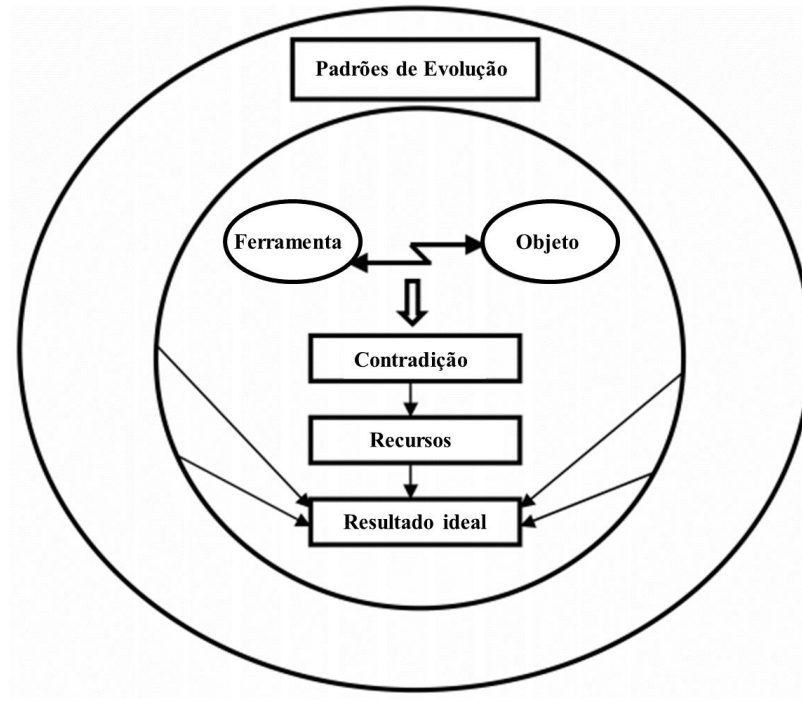


Figura 2.6 - Relação entre os conceitos chave da metodologia TRIZ (adaptado de Rantanen & Domb, 2002)

2.2.4 Principais Ferramentas da Metodologia TRIZ

Com a evolução da TRIZ, Altshuller e outros investigadores desta metodologia desenvolveram várias técnicas e ferramentas, no sentido de encontrar soluções inventivas para problemas técnicos com vários graus de dificuldade (Savransky, 2000).

Contudo, neste estudo, apenas foram aplicadas três das ferramentas principais da TRIZ, pelo que, apenas estas, vão ser descritas seguidamente. As ferramentas utilizadas foram a Matriz de Contradições e os Princípios Inventivos, a Matriz de Idealidade e, por último, a Análise Substância-Campo.

O Algoritmo de Resolução Criativa de Problemas (ARIZ) apesar de ser um dos instrumentos elementares desta metodologia, cujo objetivo é definir e descrever a sequência de ações que devem ser executadas para identificar contradições e simplificar a sua resolução (Savransky, 2000), não foi utilizada, dado que a sua aplicação é mais direcionada para casos de maior complexidade.

2.2.4.1 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

Pela análise das várias patentes, Altshuller sintetizou 39 parâmetros técnicos ou de engenharia que normalmente se procuravam melhorar e, além disso, verificou que, apesar da diversidade tecnológica, existiam apenas 1250 conflitos típicos de sistema (Navas, 2014e). A Tabela 2.3 apresenta os 39 parâmetros de engenharia.

Tabela 2.3 - Parâmetros Técnicos da Metodologia TRIZ (adaptado de Navas, 2014)

1. Peso (objeto móvel)	21. Potência
2. Peso (objeto imóvel)	22. Perda de energia
3. Comprimento (objeto móvel)	23. Perda de massa
4. Comprimento (objeto imóvel)	24. Perda de informação
5. Área (objeto móvel)	25. Perda de tempo
6. Área (objeto imóvel)	26. Quantidade de matéria
7. Volume (objeto móvel)	27. Fiabilidade
8. Volume (objeto imóvel)	28. Precisão de medição
9. Velocidade	29. Precisão de fabrico
10. Força	30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
11. Tensão, pressão	31. Efeitos colaterais prejudiciais
12. Forma	32. Manufaturabilidade
13. Estabilidade do objeto	33. Conveniência de uso
14. Resistência	34. Reparabilidade
15. Durabilidade (objeto móvel)	35. Adaptabilidade
16. Durabilidade (objeto imóvel)	36. Complexidade do dispositivo
17. Temperatura	37. Complexidade no controlo
18. Claridade	38. Nível de automação
19. Energia dispensada (objeto móvel)	39. Produtividade
20. Energia dispensada (objeto imóvel)	

Para além disso, Altshuller constatou, também, que todos esses conflitos podiam ser resolvidos através da aplicação de apenas 40 princípios inventivos, identificados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Princípios Inventivos da Metodologia TRIZ (adaptado de Navas, 2014)

1. Segmentação	21. Corrida apressada
2. Extração	22. Conversão de prejuízo em proveito
3. Qualidade local	23. Reação
4. Assimetria	24. Mediação
5. Combinação	25. Autosserviço
6. Universalidade	26. Cópia
7. Nidificação	27. Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável
8. Contrapeso	28. Substituição do sistema mecânico
9. Contra-ação prévia	29. Utilização de sistemas pneumáticos ou hidráulicos
10. Ação prévia	30. Membranas flexíveis ou películas finas
11. Amortecimento prévio	31. Utilização de materiais porosos
12. Equipotencialidade	32. Mudança de cor
13. Inversão	33. Homogeneidade
14. Esfericidade	34. Rejeição e recuperação de componentes
15. Dinamismo	35. Transformação do estado físico ou químico
16. Ação parcial ou excessiva	36. Mudança de fase
17. Transição para uma nova dimensão	37. Expansão térmica
18. Vibrações mecânicas	38. Utilização de oxidantes fortes
19. Ação periódica	39. Ambiente inerte
20. Continuidade de uma ação útil	40. Materiais compósitos

Da articulação entre os parâmetros de engenharia e os princípios inventivos identificados surge a Matriz de Contradições, uma das ferramentas mais utilizadas da metodologia TRIZ. Através desta ferramenta, é possível resolver o conflito que advém da melhoria de um determinado parâmetro técnico do sistema, utilizando determinados princípios inventivos (Savransky, 2000).

Assim sendo, a utilização da Matriz de Contradições permite identificar o parâmetro de engenharia a ser melhorado (apresentado nas linhas) e a contradição que resulta da melhoria desse mesmo parâmetro, isto é, o atributo técnico que é, consequentemente, deteriorado (exposto nas colunas). No cruzamento da linha com a coluna, encontram-se os princípios inventivos correspondentes que devem ser aplicados para resolver

esse conflito, como é explícito no exemplo da Figura 2.7. Alguns desses princípios podem ser excluídos, caso não sejam aplicáveis ao estudo em questão (Carvalho & Back, 2001; Savransky, 2000).

		PARÂMETRO PREJUDICADO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PARÂMETRO A MELHORAR	1			15, 8 19, 34		29, 17 38, 34		29, 2 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
	2				10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35
	3	8, 15, 29, 34				15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4
	4		35, 28, 40, 29				17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10
	5	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4				7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
	6		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39						1, 18, 35, 36
	7	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
	8		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14						2, 18, 37
	9	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 4			13, 28, 15, 19
	10	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	

Princípios a utilizar

Figura 2.7 - Exemplo de aplicação da Matriz de Contradições (adaptado de Lann *et al.*, 2009)

2.2.4.2 Matriz de Idealidade

A Matriz de Idealidade consiste numa ferramenta da metodologia TRIZ que permite identificar interações entre parâmetros técnicos de um sistema e distinguir os efeitos positivos e negativos dessas mesmas interações. Contudo, ao invés da Matriz de Contradições, os parâmetros são estabelecidos pelo utilizador, pelo que não estão tabelados (Navas, 2013a).

Assim, de forma a atender às necessidades dos utilizadores, os sistemas tendem a evoluir de forma a reduzir as suas funções prejudiciais, tais como custos, desperdícios de energia, espaço, dimensões, entre outras, tornando-se mais simples e eficientes, e a ampliar as suas funções favoráveis, aumentando o grau de idealidade do sistema. Como já foi referido anteriormente, a idealidade é quantificada através do quociente do somatório do número de funções benéficas pelo número total de funções nocivas do sistema (Navas, 2014d).

Para que melhor se compreenda o conceito de idealidade e a vantagem de utilização da Matriz de Idealidade, é, de seguida, apresentado, na Tabela 2.5, um exemplo de uma Matriz de Idealidade que abrange e faz referência aos parâmetros técnicos de um fogão de campismo, baseados em preferências dos consumidores.

Tabela 2.5 - Exemplo de uma Matriz Idealidade aplicada ao estudo de um fogão de campismo (adaptado de Navas, 2013a)

Parâmetros	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1. Volume		+			-	-	-	
2. Peso	+				-	-	-	
3. Duração da chama					+			
4. Nível de ruído								
5. Tempo necessário para ferver a água	-	-	+				-	+
6. Capacidade de combustível	-	-	+		+		+	+
7. Duração com a chama no nível máximo	-	-			-	-		-
8. Água fervida por unidade de combustível	-	-			+	+	-	

De acordo com a Matriz apresentada na tabela acima, é possível identificar as interações positivas (+) e negativas (-) entre os parâmetros técnicos definidos, bem como as que não possuem qualquer relação (sem preenchimento). Por exemplo, a redução no peso do fogão, que é pretendida pelo utilizador, conduz à redução do volume do mesmo (efeito positivo), mas, por sua vez, leva à diminuição da capacidade do depósito de combustível (interação prejudicial), que se opõe ao que é requerido pelo consumidor (Navas, 2013a).

Estabelecidas as interações, pode ser calculado o nível de idealidade do sistema (Navas, 2013a):

$$Idealidade = \frac{\sum(\text{número de interações positivas})}{\sum(\text{número de interações negativas})} = \frac{11}{19} \approx 0,58 \quad (2.2)$$

Em suma, para aumentar o nível de idealidade dos sistemas é imperativo resolver os conflitos entre os parâmetros definidos, o que, consequentemente, proporcionará a melhoria desses mesmos sistemas existentes, ou até a criação de novos sistemas com novas funções específicas (Navas, 2014d).

2.2.4.3 Análise Substância-Campo

A Análise Substância-Campo constitui uma das principais ferramentas analíticas da metodologia TRIZ, extremamente útil na identificação de problemas em sistemas técnicos, novos ou já existentes, e na determinação de soluções inovadoras para os mesmos (Navas, 2014f). Reconhecida como um dos maiores contributos da TRIZ, esta ferramenta recorre à modelação gráfica do sistema, tornando-o mais simples e fácil de interpretar, permitindo, desta forma, não só a identificação mais rápida e eficiente de problemas, mas também, a definição de soluções-padrão para a melhoria do sistema (AbouRizk *et al.*, 2007; Savransky, 2000).

A Análise Substância-Campo reconhece que um sistema, cujo objetivo é desempenhar uma determinada função, pode ser representado regularmente através de um triângulo, cujos vértices correspondem a duas substâncias (S1 e S2) e a um campo (F), como é demonstrado na Figura 2.8 (Navas, 2014f). A substância S1 é usada para representar um objeto que precisa de ser manipulado, enquanto que a substância S2 representa a ferramenta ou o meio que atua sobre esse mesmo objeto. Ambas as substâncias da interação podem simbolizar um sistema completo, um subsistema, um componente, um material ou uma ferramenta, uma pessoa, ou até um ambiente. Já o campo F representa a energia que é necessária para que a interação entre as substâncias ocorra. Este pode ser mecânico (Me), térmico (T), químico (Q), elétrico (E) ou magnético (Ma) (AbouRizk *et al.*, 2007; Navas, 2014f).

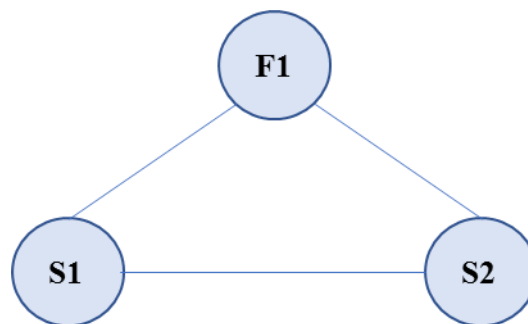


Figura 2.8 - Modelo Substância-Campo representativo de um sistema completo (Savransky, 2000)

Geralmente, um triângulo completo, como o que é apresentado na Figura 2.8, pode representar qualquer sistema que funcione corretamente, no entanto, sistemas mais complexos são, normalmente, representados por vários triângulos Substância-Campo (Navas, 2014f). Assim, de forma a construir um modelo correto e

funcional representativo de um sistema, é necessário seguir as etapas apresentadas no quadro da Figura 2.9 (Navas, 2013a).

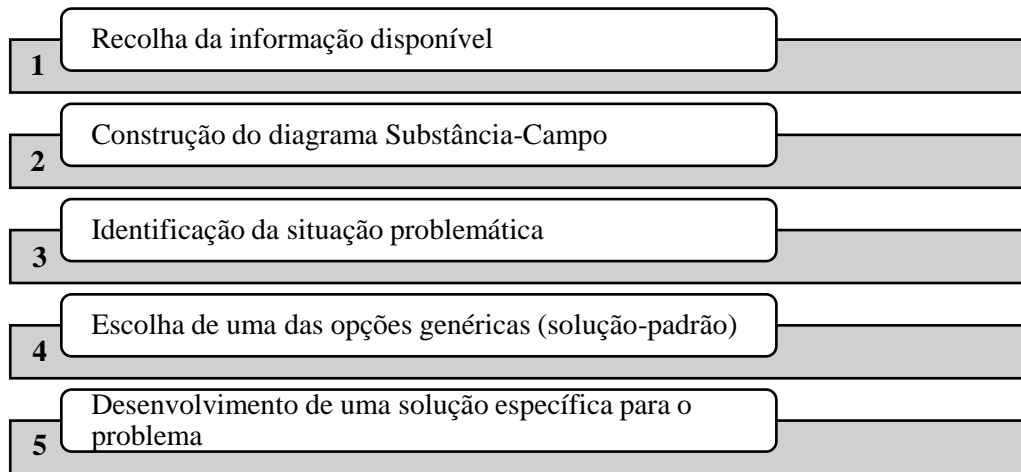


Figura 2.9 – Quadro representativo das etapas de construção de um modelo Substância-Campo (adaptado de Navas, 2013a)

As várias interações entre as substâncias de um sistema são representadas por uma simbologia específica, apresentada na Figura 2.10. A utilização desta notação permite que os diagramas Substância-Campo sejam igualmente interpretados por todos os utilizadores (Savransky, 2000).

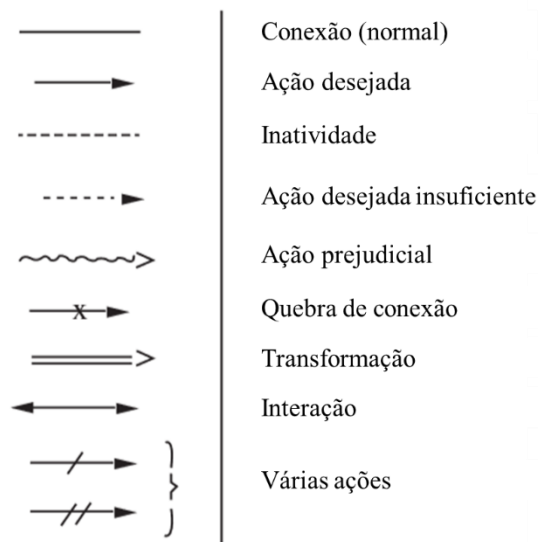


Figura 2.10 - Simbologia utilizada nos modelos Substância-Campo (Savransky, 2000)

A representação gráfica dos modelos Substância-Campo e o uso deste tipo de simbologia, exibido na Figura 2.10, contribui para uma análise detalhada dos elementos mais importantes do sistema, permitindo uma identificação mais eficiente dos problemas existentes. Se o triângulo Substância-Campo não for completo, isto é, se não estiver graficamente representado como na Figura 2.8, então tal é sinónimo da existência de um problema (Navas, 2014f). Esse problema pode ser agrupado em três situações problemáticas genéricas (Navas, 2013a, 2014f):

1. **Sistema incompleto:** o efeito desejado não ocorre. O sistema precisa de ser complementado, visto que faltam elementos do triângulo. Pode estar em falta um campo, uma substância ou até uma substância e um campo. Nas Figuras 2.11 e 2.12, estão representados, como exemplo, um sistema incompleto por falta de um campo no triângulo Substância-Campo e um sistema incompleto por falta de uma substância, respetivamente.



Figura 2.11 - Sistema incompleto, inexistência de campo "F" (adaptado de Navas, 2013a)

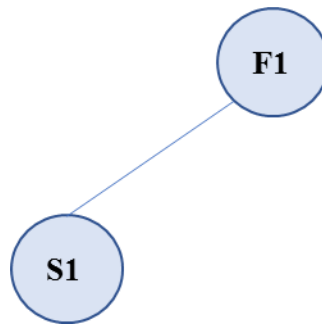


Figura 2.12 - Sistema incompleto, inexistência de substância "S2" (adaptado de Savransky, 2000)

2. **Sistema completo com efeito prejudicial:** ocorre um efeito prejudicial. Apesar do sistema estar completo, existe um efeito indesejado resultante da interação das duas substâncias, pelo que se torna necessário eliminar esse efeito negativo. Um exemplo representativo deste sistema é apresentado na Figura 2.13.

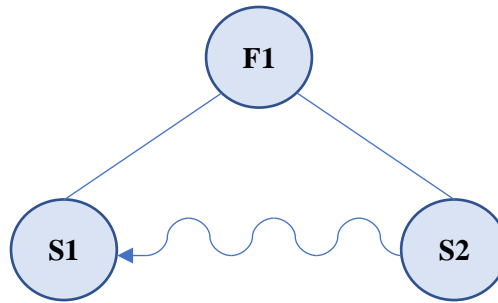


Figura 2.13 - Sistema completo com efeito prejudicial (adaptado de Navas, 2013a)

3. **Sistema completo ineficiente ou insuficiente:** Este sistema encontra-se também completo, contudo o efeito desejado é insuficiente ou ineficiente, tornando-se fundamental melhorar o sistema. Um exemplo deste tipo de sistema está representado na Figura 2.14.

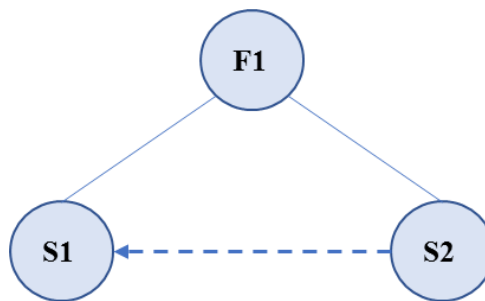


Figura 2.14 - Sistema completo ineficiente ou insuficiente (adaptado de Navas, 2013a)

De forma a permitir encontrar soluções específicas adequadas para as situações problemáticas identificadas, Altshuller e os seus associados sintetizaram 76 soluções padrão, agrupadas em cinco grandes classes (Miller *et al.*, 2000):

1. Melhorar o sistema com pouca ou sem nenhuma alteração – 13 soluções padrão;
2. Melhorar o sistema com alteração do sistema – 23 soluções padrão;
3. Transições de sistema – 6 soluções padrão;
4. Detecção e medição – 17 soluções padrão;
5. Estratégias para simplificação e melhoria – 17 soluções padrão.

Não obstante, para uma aplicação mais clara e intuitiva, as 76 soluções padrão foram condensadas e generalizadas em 7 soluções gerais (AbouRizk *et al.*, 2007):

- **Solução geral 1:** completar um modelo Substância-Campo incompleto. Para completar o sistema é necessário adicionar os elementos em falta, como é exemplificado na Figura 2.15.

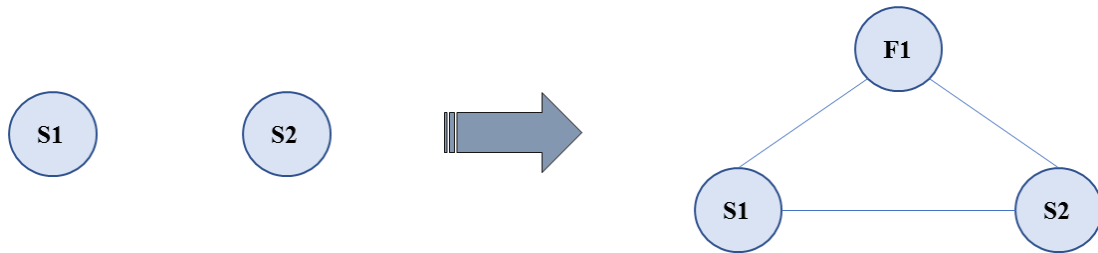


Figura 2.15 - Solução geral 1 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 2:** modificar a substância “S2”, por forma a reduzir ou eliminar o impacto negativo, como é apresentado na Figura 2.16.

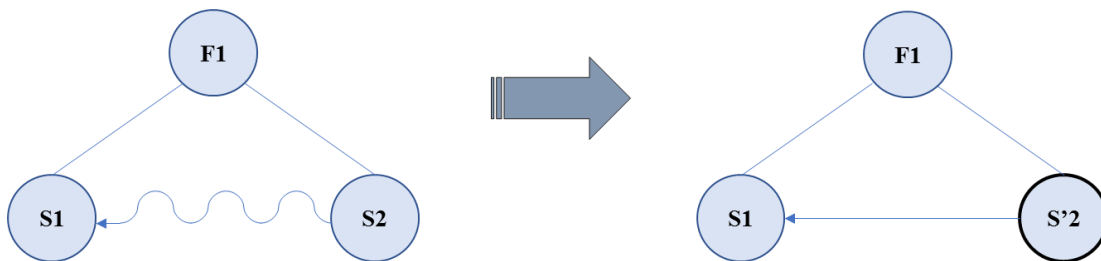


Figura 2.16 - Solução geral 2 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 3:** modificar a substância “S1”, por forma a reduzir ou eliminar o impacto negativo, como é apresentado na Figura 2.17.

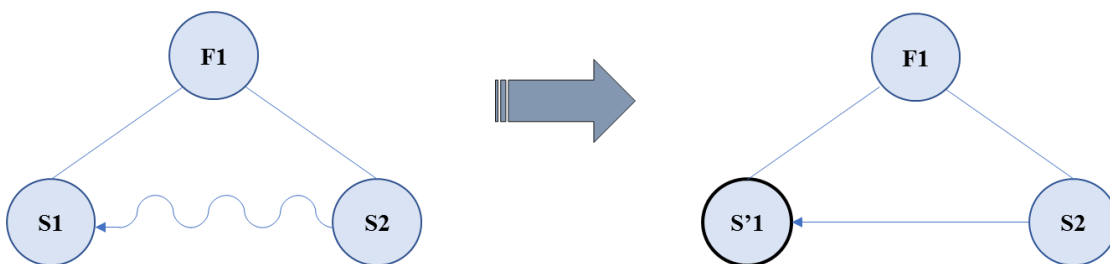


Figura 2.17 - Solução geral 3 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 4:** alterar o campo existente, por forma a reduzir ou eliminar o impacto negativo, como representado na Figura 2.18.

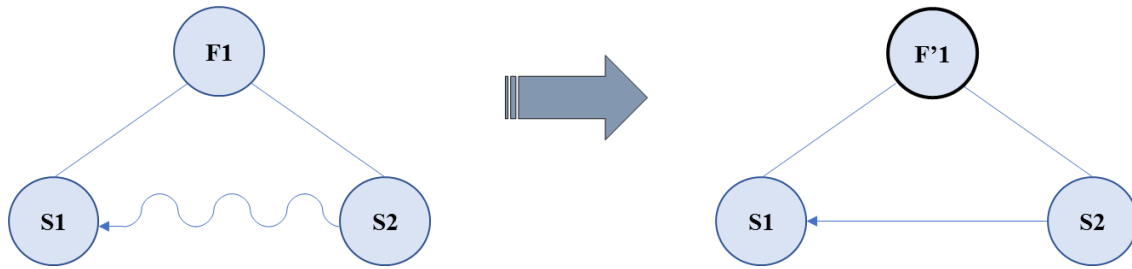


Figura 2.18 - Solução geral 4 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 5:** eliminar, neutralizar ou reduzir o impacto negativo através da introdução de um outro campo “F2”, esquematizado na Figura 2.19, capaz de interagir com o sistema, de forma a contrariar o efeito do campo “F1”.

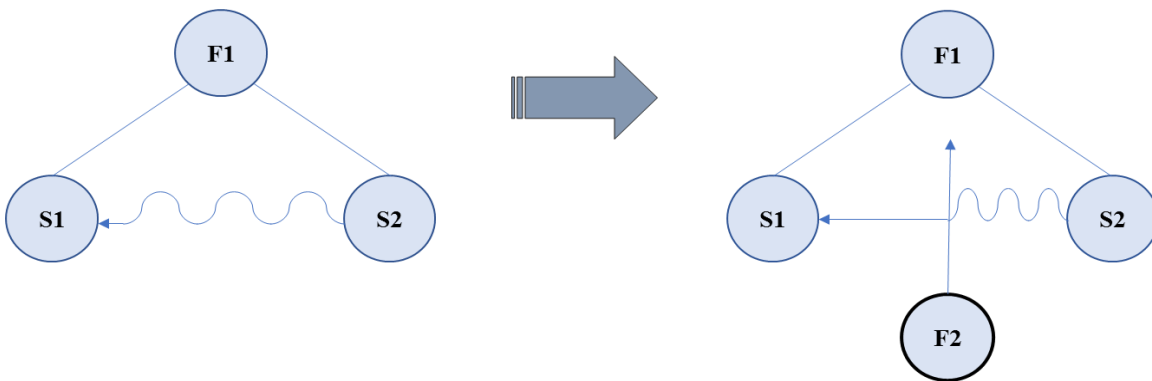


Figura 2.19 - Solução geral 5 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 6:** introdução de um novo campo positivo “F+”, como exemplificado na Figura 2.20, que seja capaz de atuar, em simultâneo, com o campo existente “F1”, por forma a melhorar o efeito positivo e a minimizar o impacto negativo no sistema, mantendo intactas as substâncias.

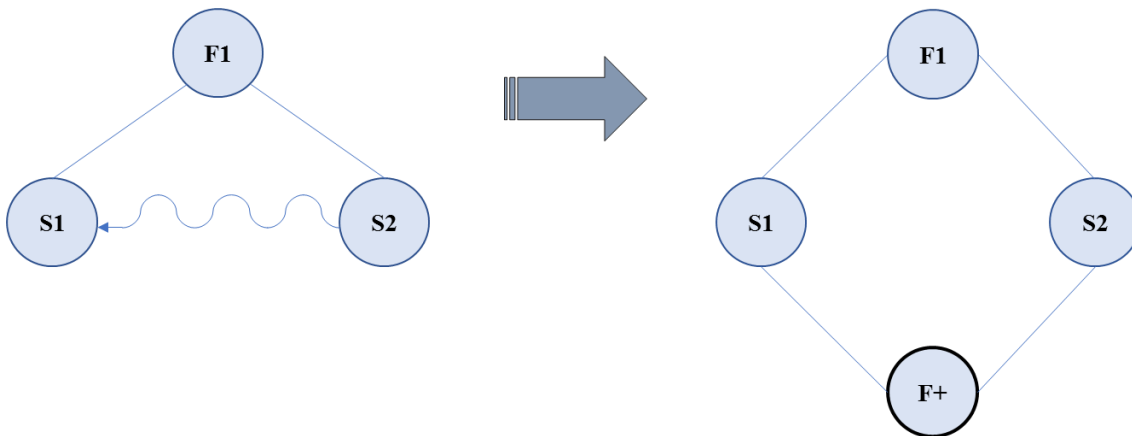


Figura 2.20 - Solução geral 6 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

- **Solução geral 7:** expandir o modelo Substância-Campo existente para um sistema em cadeia, através da introdução de uma nova substância “S3” que interaja com os campos “F1” e F2”, como é apresentado no exemplo da Figura 2.21. Em vez de atuar diretamente sobre a substância “S1”, a substância “S2” vai interagir indiretamente com a “S1”, por meio da substância “S3”.

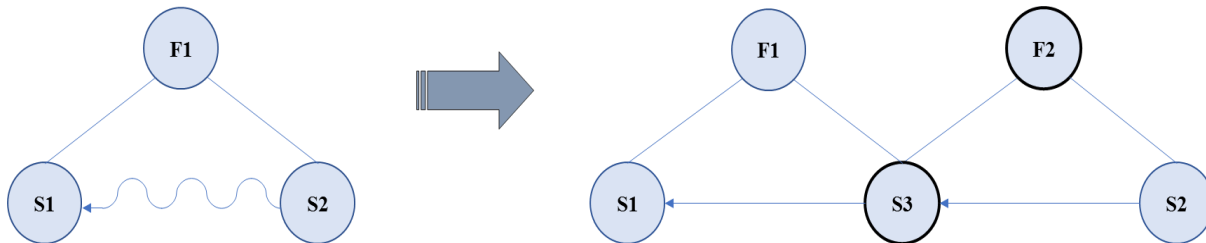


Figura 2.21 - Solução geral 7 (adaptado de AbouRizk *et al.*, 2007)

2.3 Ambiente Conjunto *Lean*-TRIZ

O sucesso das organizações depende cada vez mais da inovação. A inovação sistemática revela-se crucial para o aumento da eficiência organizacional, da competitividade e da rentabilidade das empresas. Por sua vez, visto que a produção *Lean* procura melhorar os processos através da eliminação de desperdícios e da criação de valor, torna-se evidente a existência de um objetivo comum entre a filosofia *Lean* e a metodologia TRIZ (Ikovenko & Bradley, 2005; Navas, 2015).

No início da implementação da filosofia *Lean*, a maioria das melhorias pode ser concretizada a partir de soluções simples. Contudo, com a evolução do processo de implementação, a melhoria contínua dos processos depende, cada vez mais, de soluções inovadoras. Assim, como potencial geradora de soluções, a metodologia TRIZ revela-se bastante útil como ferramenta complementar da filosofia *Lean* (Navas & Machado, 2015).

Numa perspectiva de criação de valor, a aproximação da TRIZ ao *Lean* pode ser denominada de TRIZ Plus, que tem o mesmo objetivo do princípio de “valor” *Lean*: determinar o valor das diferentes operações de um processo (Ikovenko & Bradley, 2005; Navas, 2015).

Na tabela 2.6 é possível observar a comparação da abordagem da TRIZ Plus e do *Lean* ao conceito de “valor”, relativamente aos sete principais desperdícios.

Tabela 2.6 – Abordagem ao conceito de “valor” pela TRIZ Plus e pelo *Lean* (adaptado de Navas & Machado, 2015)

<i>Lean</i>	TRIZ Plus
Excesso de produção	Funções excessivas
Tempos de espera	Funções insuficientes
Transportes	Funções providenciais
Processos inadequados	Funções providenciais e corretivas
Excesso de <i>stocks</i>	Funções corretivas
Movimentações desnecessárias	Funções providenciais e corretivas
Defeitos	Funções insuficientes, excessivas ou prejudiciais

Desta forma, a metodologia TRIZ permite adicionar, ao ambiente de Pensamento *Lean*, uma visão do tipo “aprender a ver”, cujo objetivo consiste na procura de obstáculos e conflitos que devem ser eliminados, no sentido de melhorar a cadeia de valor. Por conseguinte, a combinação das ferramentas analíticas do *Lean* com a capacidade criativa da TRIZ poderá proporcionar benefícios importantes para as organizações (Navas, 2015).

3. Caraterização da Empresa Font Salem

Este capítulo pretende apresentar a empresa Font Salem, onde foi desenvolvido este projeto, a sua evolução, missão, valores e o tipo de produtos comercializados. Será, para além disso, analisada a linha de enchimento onde foram implementadas melhorias durante o projeto.

3.1 Apresentação da Empresa

A Font Salem pertence integralmente ao Grupo Damm, um dos maiores produtores de cerveja em Espanha, e é um dos líderes espanhóis em Marcas de Distribuição (MDD) e *co-packing* especializado, não só em diferentes tipos de cerveja, como também numa extensa variedade de refrigerantes e águas com e sem gás.

A Font Salem conta com três fábricas estrategicamente localizadas, de modo a cobrir eficazmente as necessidades dos mercados nacional e internacional.

A cervejeira de El Puig situa-se na cidade de El Puig de Santa Maria, a 18 km de Valência e destina-se à produção de cerveja, dispondo de uma área total de 86.000 m². Também em Espanha, na cidade de Salem, se encontra outra das fábricas destinada à elaboração e produção de refrigerantes com ou sem gás, com uma área total de 57.000 m².

Por fim, a terceira fábrica situa-se em Portugal, na cidade de Santarém, e foi onde se desenvolveu este projeto. Com uma área total de 290.725 m², estas instalações destinam-se à produção de cervejas e refrigerantes.

Na Figura 3.1 estão ilustradas as respetivas localizações das fábricas identificadas anteriormente.



Figura 3.1 – Localização das fábricas da Font Salem

Fábrica de Santarém

A Fábrica de Santarém, evidenciada na Figura 3.2, foi comprada, em 2010, pela empresa Catalã à insolvente Drinkin. Inicialmente, a Font Salem produzia apenas cerveja em três linhas de produção. Um ano depois, após atingir o nível máximo de capacidade de produção, a fábrica entrou em funcionamento com uma quarta linha que permitiu duplicar a sua capacidade de produção. Não obstante, em 2015, a empresa avançou para uma segunda ampliação, virando-se também para o mercado dos refrigerantes. Foram acrescentadas duas linhas de produção de garrafa PET.



Figura 3.2 – Fábrica de Santarém

3.2 Valores, Missão e Objetivos

A Font Salem assume como missão e objetivo garantir os mais altos *standards* de qualidade em cada um dos seus produtos, através de um esforço contínuo que tem como finalidade proporcionar ao cliente a máxima fiabilidade e garantia de sucesso. Simultaneamente, esta empresa procura assegurar, do mesmo modo, a entrega de produtos no prazo estabelecido e a um preço competitivo.

A Font Salem produz anualmente cerca de 6 milhões de hectolitros e em cada uma das fábricas são preservados os seguintes valores:

- ✓ **Atenção Permanente ao Cliente:** a assistência técnica e a atenção a possíveis reclamações formam parte dos serviços prestados pela empresa.
- ✓ **Qualidade Total:** os esforços pela qualidade devem estar intrínsecos em cada colaborador e em cada departamento da organização.
- ✓ **Melhoria Contínua:** a aposta na inovação e a procura constante pela excelência são princípios preservados na empresa.
- ✓ **Participação:** promover a formação, o trabalho de equipa e a participação de toda a organização é fundamental para a obtenção de padrões elevados de qualidade.
- ✓ **Profissionalismo e Respeito Mútuo:** fomentar a criação de relações duradouras e estáveis com os fornecedores de materiais e serviços.
- ✓ **Segurança Alimentar:** garantir a inocuidade dos produtos e cumprir as expetativas de segurança e confiança que os clientes contratuais e consumidores depositam na organização. A obtenção da certificação IFS (*International Food Standard*) em todas as fábricas da empresa traduz o compromisso que a Font Salem tem com a segurança alimentar.
- ✓ **Flexibilidade:** assegurar uma resposta rápida e eficaz às expetativas dos clientes.
- ✓ **Preservação do Meio Ambiente:** a direção do Grupo considera o respeito pelo meio ambiente um princípio básico da sua Política de Gestão Ambiental e reconhece a sua importância no crescimento sustentável do Grupo.

3.3 Produtos

A Font Salem tem uma vasta gama de marcas próprias de cerveja e refrigerantes introduzida em diferentes mercados internacionais. No que diz respeito à gama de cervejas, a empresa comercializa as seguintes marcas próprias, representadas na Figura 3.3: Cintra, Prima, Tagus, Burge Meister, Wierquer, Top Beer, La Española, Koperwiek e Höchster. Relativamente à gama de refrigerantes que são comercializados como marcas próprias, pela Font Salem, destacam-se as seguintes (expostas igualmente na Figura 3.1): Frised, Brizo, Contact e Del Sol.



Figura 3.3 - Marcas próprias comercializadas pela Font Salem

- a) Cervejas;
- b) Refrigerantes.

Para além disso, a Font Salem é um dos líderes espanhóis não só em marcas de distribuição (MDD-Marca Privada), funcionando como fornecedor estratégico para as marcas de distribuição de cervejas e refrigerantes do mercado ibérico, como em *co-packing* especializado, dedicando-se à produção e embalagem de bebidas para terceiros. Por conseguinte, grandes empresas, como a Lipton ou a Super Bock, recorrem à Font Salem quando tencionam subcontratar parte ou a totalidade das suas produções e/ou pretendem alargar a sua gama de produtos (Font Salem, 2017).

3.4 Caraterização da Linha de Enchimento 96

A fábrica de Santarém da empresa Font Salem é constituída por seis linhas de enchimento. Dessas seis linhas, uma é designada para o enchimento de tanquetas/barris (a linha 91), outra designa-se ao engarrafamento em garrafas de vidro (linha 92), duas são de enchimento de latas (linha 93 e 94) e, por fim, as duas que sobram designam-se ao enchimento de garrafas PET (linha 95 e 96). No entanto, apenas vai ser caraterizada a linha 96, na qual foi desenvolvido este projeto e implementadas melhorias.

A linha 96 enche apenas refrigerantes em garrafas PET de formatos de 2 L e 0,33 L (num futuro próximo, será também introduzido o formato de 1,5 L). No formato de 0,33 L são engarrafados os seguintes produtos:

- Lipton Tea Green Lemon
- Lipton Tea Green Lime Mint

No formato de 2 L, por sua vez, são engarrafados os seguintes refrigerantes:

- Te Limon Freeway
- Te Limon Light Freeway
- Te Melocoton Freeway
- Te Melocoton Light Freeway
- Te Mango Freeway

Posto isto, de forma a assegurar o engarrafamento de todos estes produtos em garrafas PET, de acordo com as ordens semanais de produção, esta linha é composta por um conjunto de equipamentos distintos responsáveis por garantir o cumprimento de todas as funções desde o enchimento à paletização das garrafas. Assim, os equipamentos que compõem a linha 96 são os seguintes:

- Máquina combinada – enchedora, sopradora e capsuladora
- Inspetor de nível
- Laser (de garrafas)
- Datadora (de garrafas)
- Máquina aplicadora de *sleeves* - “Sleevadora”
- Rotuladora

- Máquina envolvedora/embaladora em *packs*
- Etiquetadora de *packs*
- Paletizadora
- Envolvedora de paletes
- Etiquetadora de paletes

3.5 Processo de Enchimento de Garrafas PET

O processo de enchimento das garrafas PET inicia-se com a entrada de pré-formas na máquina combinada, nomeadamente na sopradora, quando a temperatura mínima do forno da sopradora é atingida. Como a máquina combinada é composta por um sistema assético de sopro, enchimento e encapsulamento, as pré-formas, seguidamente, passam pelo forno e, à saída, são esterilizadas com peróxido de hidrogénio. De seguida, estas entram nos moldes da sopradora onde são submetidas a um processo de sopro com ar esterilizado, de forma a ficarem com o formato da garrafa. Dado que este equipamento permite garantir um ambiente estéril desde a sopradora até à capsuladora, depois de se formarem as garrafas, estas passam imediatamente para a enchedora e, após o enchimento, são logo capsuladas. Deste modo, este sistema assético combinado possibilita que a sopradora, enchedora e capsuladora operem de forma sincronizada, num layout mais simples e reduzido, não sendo necessário o uso de uma máquina *rinzer* (máquina de lavagem e limpeza de garrafas) e permitindo, ainda, a redução do consumo energético.

Após serem capsuladas, as garrafas saem da máquina combinada, passam por um inspetor de nível e, logo de seguida, são marcadas a laser na lateral e datadas a tinta na cápsula (tampa). Posteriormente, as garrafas são transportadas para a rotuladora, quando o formato da garrafa é de 2 L, ou para a “sleevadora”, no caso de corresponderem a garrafas de 0,33 L. Depois de rotuladas, as garrafas são conduzidas até à máquina de embalagem onde são agrupadas em *packs* de 12 garrafas – no formato de 2 L – ou em *packs* de 6 garrafas – no formato de 0,33 L -, sendo estes, seguidamente, envolvidos em filme retrátil. Finalizado o envolvimento, os *packs* são ainda etiquetados antes de chegarem à paletizadora. Por fim, as embalagens passam pela paletizadora e pela envolvedora, onde são paletizadas e envolvidas em filme retrátil. Já no final de linha, as paletes são codificadas por uma etiquetadora antes de serem transportadas para armazém.

3.6 Processo de Produção de Refrigerantes

O processo de produção de refrigerantes é composto pelas seguintes etapas: preparação do xarope simples, preparação do xarope composto ou final, preparação do refrigerante (diluição e carbonatação) e pasteurização.

Preparação do xarope simples

O xarope simples é obtido através da diluição do açúcar cristal em água quente, seguido de cozimento a uma temperatura entre 85°C e 100°C para eliminar possíveis impurezas que possam interferir no odor ou no sabor do produto final, e filtração para separar as partículas do xarope. Por fim, o xarope é resfriado até uma temperatura de aproximadamente 20°C. O resfriamento evita a formação de espuma durante o engarrafamento, facilita a absorção do gás carbónico pela bebida e evita a alteração do sabor do refrigerante.

Preparação do xarope final

A preparação do xarope final consiste na adição de outros componentes ao xarope simples necessários para a produção do refrigerante. O acréscimo das matérias-primas deve ser efetuado em tanques de aço inoxidável, equipados com agitador, de maneira a garantir a homogeneização de todos os ingredientes e evitar a admissão de ar. Essa mistura de componentes deve ser adicionada sequencialmente e de forma cuidadosa, visto que é essa adição que diferencia os refrigerantes e que define o sabor, a cor, o cheiro e as propriedades químicas dos mesmos. Depois de adicionados os componentes, mantém-se o agitador ligado durante cerca de 15 minutos. No final, retira-se uma amostra para análises microbiológicas e físico-químicas, como acidez, dosagem de açúcar, turbidez.

Preparação do refrigerante (diluição e carbonatação)

Depois de analisado, o xarope acabado é misturado e diluído com água tratada num proporcionador ou misturador (*mixer*), que mistura dosagens constantes de xarope com as quantidades necessárias de água. Nos refrigerantes com açúcar, a diluição é controlada de acordo com o teor de sólidos solúveis na bebida. Por outro lado, nos refrigerantes sem açúcar, a diluição é controlada segundo a acidez da bebida. Posteriormente, é adicionado gás carbónico à bebida. A carbonatação ocorre com a bebida a baixa temperatura (3°C a 10°C), de forma a facilitar a dissolução do gás carbónico na mesma.

Pasteurização

Como os refrigerantes em enchimento na linha 96 são de sumo de frutos ou de extratos vegetais, o produto acabado, antes de ser transportado para a enchedora, tem de ser pasteurizado. A pasteurização consiste num tratamento térmico que elimina bactérias e agentes patogénicos presentes na bebida para garantir a segurança do produto, e ocorre num equipamento denominado pasteurizador. Depois de pasteurizado, o produto é enviado para a enchedora para que se proceda ao enchimento.

Seguidamente, na Figura 3.4, é apresentado um fluxograma que representa todas as etapas do processo de enchimento na linha 96, desde a produção do xarope na xaroperia.

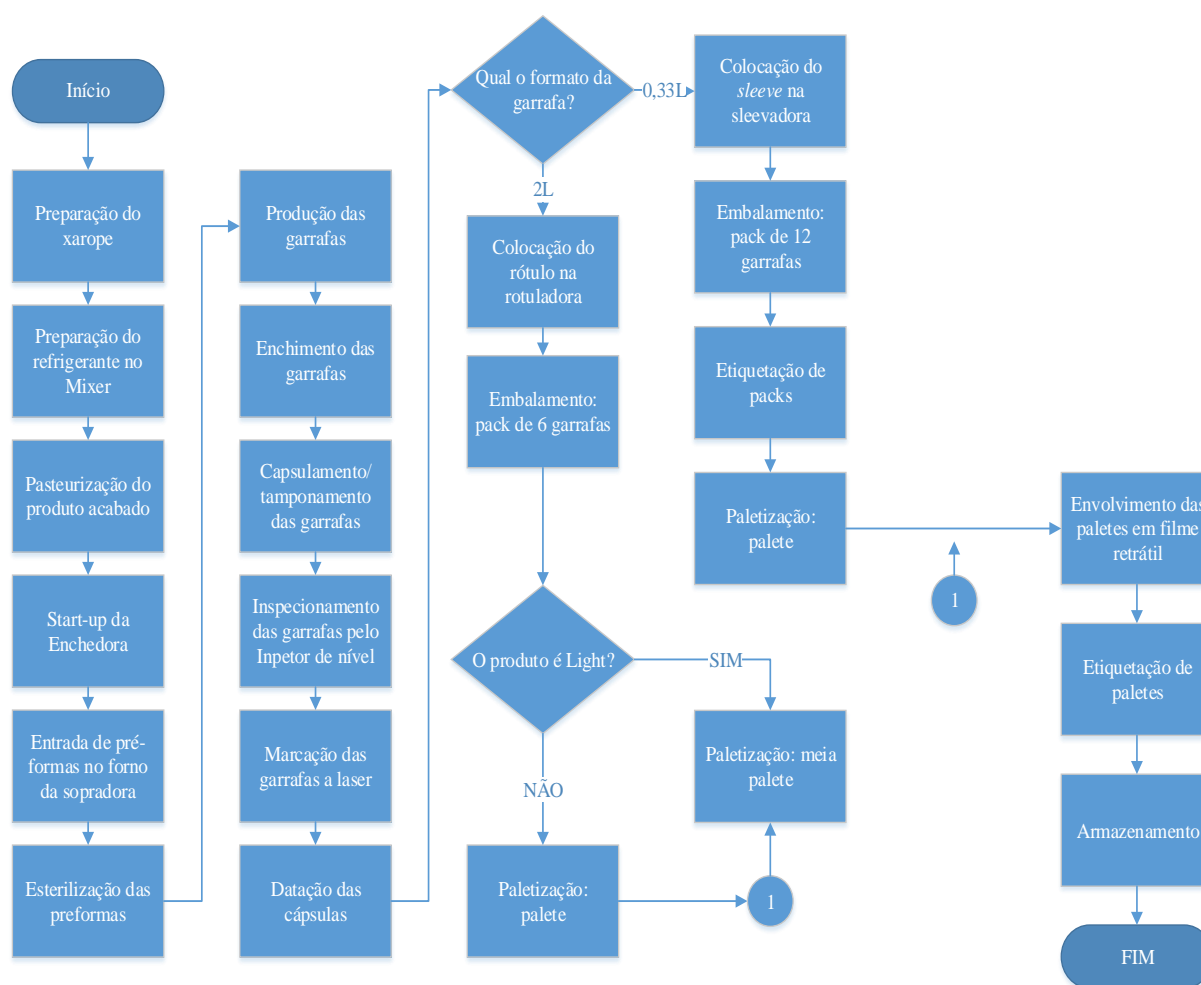


Figura 3.4 - Fluxograma do processo de enchimento da linha em estudo

4. Análise Crítica da Situação Inicial

Após a percepção e entendimento das etapas do processo de enchimento na linha em estudo, nesta fase do projeto foi efetuada uma análise crítica e detalhada do estado inicial desse mesmo processo.

4.1 Identificação dos Problemas Iniciais

Primeiramente, procedeu-se à identificação dos principais problemas que afetavam negativamente o desempenho da linha. Para tal, foi feito um levantamento das causas de paragem do enchimento e da sua frequência de ocorrência. Nesse sentido, depois de identificados os motivos que originavam paragens na produção, foi utilizado o Diagrama de Pareto para definir e especificar a origem das paragens, mas também como forma de focalizar os esforços de melhoria e estabelecer prioridades de atuação.

A Tabela 4.1 contém os dados referentes às ocorrências das paragens da linha em análise.

Tabela 4.1 - Frequência de paragens na produção

Origem da Paragem	Nº Ocorrências	% Total	% Acumulada
Rotuladora	146	18.1%	18.1%
Sistema de elevação e transporte de pré-formas	108	13.4%	31.4%
Enchedora	105	13.0%	44.4%
Sopradora	99	12.3%	56.7%
Acumulação nos transportadores	88	10.9%	67.6%
<i>Sterilcap</i> e sistema de transporte de cápsulas	66	8.2%	75.7%
Outros (erros, problemas de fornecimento de água, problemas com a preparação do xarope e do refrigerante, etc)	42	5.2%	80.9%
Máquina envolvente de packs	38	4.7%	85.6%
Paletizadora	34	4.2%	89.9%
Tarefas organizacionais (troca de produto a encher, troca de formato de garrafa, entre outras)	28	3.5%	93.3%
Sleevadora	27	3.3%	96.7%
Linha cheia por falta de empilhador	17	2.1%	98.8%
Máquina envolvente de paletes	8	1.0%	99.8%
Datadora de garrafas	2	0.2%	100.0%
Inspetor de nível	0	0.0%	100.0%
Total	808	100%	

Na Figura 4.1, é apresentado o Diagrama de Pareto referente ao número de paragens da linha de enchimento, durante o primeiro mês e meio de desenvolvimento do projeto, correspondente ao período de observação e recolha de dados, com base nos dados da Tabela 4.1.

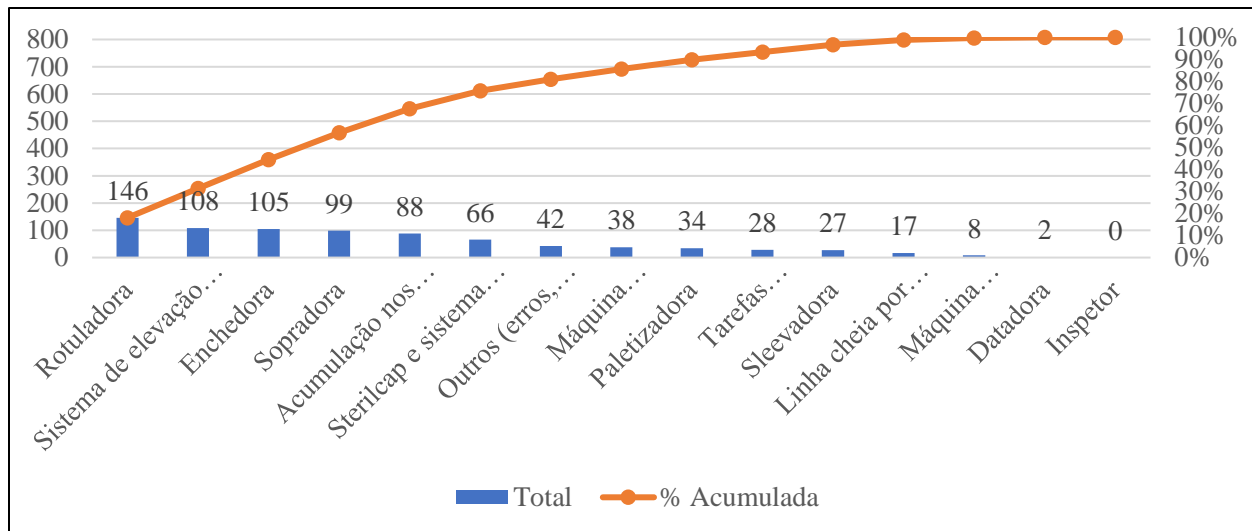


Figura 4.1 - Diagrama de Pareto da frequência de paragens

Pelo diagrama apresentado, pode verificar-se que 75,6 % das paragens na produção ocorrem devido a avarias na rotuladora, a acumulação nos transportadores e a avarias na máquina combinada de sopro e enchimento, que inclui a enchedora, a sopradora, o sistema de elevação e transporte de pré-formas, o *sterilcap* (esterilizador de cápsulas) e o sistema de transporte de cápsulas. Desta forma, constata-se que foram essas as principais causas de paragem no processo de enchimento.

Contudo, torna-se relevante também avaliar o parâmetro do tempo de duração das paragens. Isto é, determinar o tempo a que corresponde o número total de ocorrências em cada uma das causas identificadas e aferir os principais motivos responsáveis por cerca de 80% do tempo não produtivo ou de paragem.

Posto isto, foi elaborado outro Diagrama de Pareto, apresentado na Figura 4.2, baseado nos dados da Tabela 4.2, em que o parâmetro em análise é o tempo de duração das paragens por cada motivo de paragem anteriormente identificado.

Tabela 4.2 - Tempos de paragem na produção

Origem da Paragem	Tempo Total (min)	% Total	% Acumulada
Tarefas organizacionais (troca de produto a encher, troca de formato de garrafa, entre outros)	6415	29.7%	29.7%
Enchedora	4637	21.4%	51.1%
Rotuladora	2366	10.9%	62.0%
Sopradora	2206	10.2%	72.2%
Outros (erros, problemas de fornecimento de água, problemas com a preparação do xarope e do refrigerante, etc)	1671	7.7%	80.0%
Sterilcap e sistema de transporte de cápsulas	1256	5.8%	85.8%
Sistema de elevação e transporte de pré-formas	782	3.6%	89.4%
Acumulação nos transportadores	766	3.5%	92.9%
Paletizadora	453	2.1%	95.0%
Máquina envolvente de <i>packs</i>	393	1.8%	96.9%
Sleevidora	309	1.4%	98.3%
Linha cheia por falta de empilhador	148	0.7%	99.0%
Máquina envolvente de paletes	133	0.6%	99.6%
Datadora de garrafas	90	0.4%	100.0%
Inspetor de nível	0	0.0%	100.0%
Total	21625	100%	

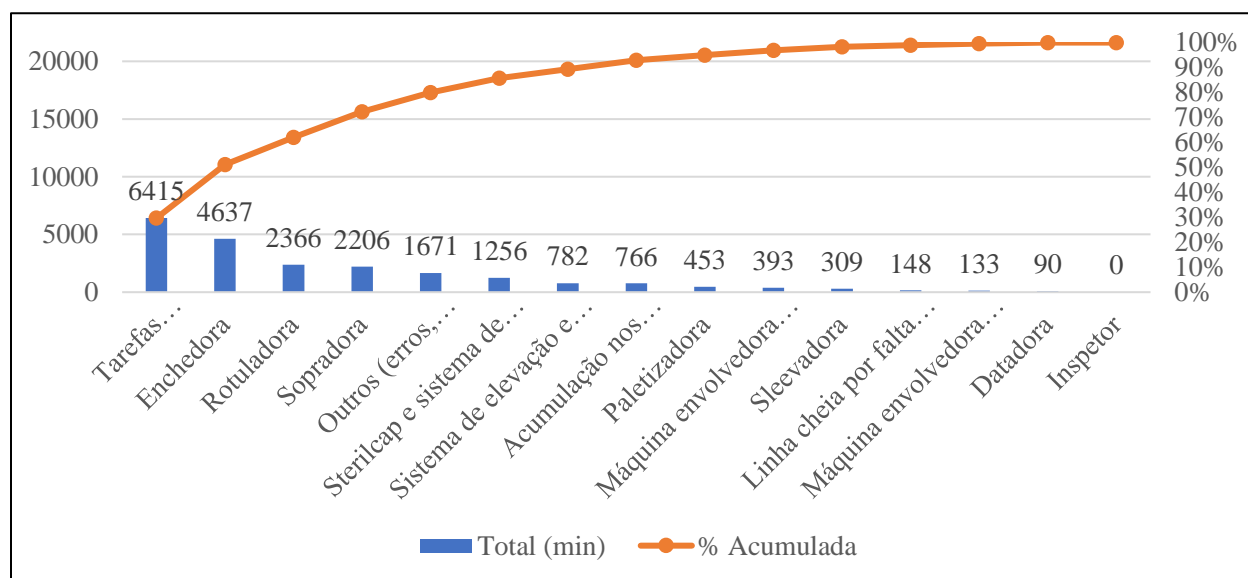


Figura 4.2 – Diagrama de Pareto dos tempos de paragem

Como é possível observar no diagrama anterior, as principais causas responsáveis pelas perdas de tempo no processo de enchimento são referentes às tarefas organizacionais, que incluem, principalmente, as mudanças de produto a encher e as trocas do formato de garrafa, às paragens na máquina combinada que incluem as avarias na enchedora e sopradora, mas também os encravamentos no sistema de transporte de cápsulas, no *sterilcap* e no sistema de fornecimento de pré-formas, às falhas na rotuladora e, ainda, a outro tipo de problemas relacionado com a preparação do xarope, com o fornecimento de meios como água e eletricidade ou até com erros humanos. Verifica-se, então, que a duração das paragens do enchimento, causadas por estes cinco motivos identificados, correspondem a cerca de 80% do tempo total de paragem na produção.

No entanto, é também necessário analisar a relação entre os parâmetros “frequência de paragem” e “tempo de paragem” por cada causa principal identificada. Assim, nesse seguimento, observa-se que existem causas principais comuns em cada um dos parâmetros representados pelos Diagramas de Pareto. Essas causas comuns são as avarias na máquina combinada e as falhas da rotuladora, pelo que facilmente se conclui que o elevado tempo de paragem na produção se deve ao elevado número de avarias e falhas nesses mesmos equipamentos. Contudo, também se observa que os principais responsáveis pelos tempos improdutivos, as tarefas organizacionais, como por exemplo, as trocas de produto e de formato, não são uma causa de paragens que ocorram frequentemente, como está explícito na Tabela 4.1. Porém, apesar dessas tarefas não serem tão frequentes, torna-se imperativo atuar de forma prioritária na redução do tempo de paragem associado à sua ocorrência, visto que são produzidos vários produtos na linha e é inevitável a realização dessas atividades organizacionais.

No que diz respeito às restantes falhas principais: avarias na máquina combinada, falhas na rotuladora, outros erros e acumulações nos transportadores, torna-se igualmente mandatório atuar prioritariamente na redução das suas frequências de ocorrência.

4.2 Análise dos Problemas Identificados e Determinação das Respetivas Causas

Uma vez localizados os problemas que originam a maioria das paragens no processo de enchimento e que são responsáveis por cerca de 80% dos tempos improdutivos, torna-se relevante encontrar as respetivas

causas-raiz, de forma a poder atuar-se concreta e especificamente na determinação de soluções eficazes. Nesse sentido, foi aplicada a ferramenta de análise dos 5 Porquês, apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Análise dos 5 Porquês dos problemas identificados

Problemas Principais	Máquina combinada		Rotuladora		Transportadores	Tarefas Organizacionais (trocas de produto, de formato, arranques de produção)		Outros (erros, falta de fornecimento de meios)
1º Porquê	Falha de componente		Falha de componente		Acumulação	Perdas de tempo na realização das tarefas		Falha no equipamento (exemplo: <i>mixer</i>)
2º Porquê	Avaria	Encravamento de pré-formas ou cápsulas	Falta de limpeza	Avaria	Falta de espaço de acumulação para o formato de 2L	Falta de formação	Variabilidade de métodos de trabalho	Falta de manutenção
3º Porquê	Fragilidade/má conceção dos componentes		Falta de manutenção			Falta de acompanhamento na execução das tarefas por técnicos ou operadores mais experientes	Inexistência de procedimentos normalizados	Gestão ineficiente
4º Porquê	Máquina protótipo							
5º Porquê								

Desta forma, foi possível definir as principais problemáticas e as oportunidades de melhoria, na linha em estudo:

- 1) O facto de esta linha ser composta por uma máquina combinada protótipo de sopro e enchimento, ou seja, sopradora e enchedora combinadas (foram produzidas ainda poucas unidades deste tipo de equipamento), que foi instalada há relativamente pouco tempo (a presente linha de enchimento foi introduzida há cerca de um ano e meio na fábrica), faz com que ocorra um número significativo de avarias e sejam necessários constantes ajustes e afinações. Assim, estas avarias frequentes promovem os seguintes problemas:
 - Baixa produtividade;
 - Quebras de pré-formas, garrafas e produto (refrigerante);
 - Desperdícios de tempo;
 - Custos elevados de manutenção;
 - Custos adicionais (custos com pessoal para fazer horas extra ou turnos extra, custos de desperdício de materiais, entre outros).
- 2) Funcionamento irregular do misturador (*mixer*) da linha, que provoca variações no nível de açúcar dos produtos, principalmente em arranques de produção e nas trocas de xarope, o que se reflete em perdas de tempo na preparação do refrigerante.

- 3) Pouco espaço de acumulação nos transportadores, na curva antes da “sleevadora”. No formato de 2 L, a enchedora é forçada a parar, muitas vezes, por acumulação de garrafas. Pequenas paragens da rotuladora originam frequentemente paragens da enchedora mesmo quando a velocidade da enchedora está bem balanceada com a da rotuladora (a velocidade da rotuladora deve ser superior em 5% à da enchedora).
- 4) Paragens frequentes por avarias, ajustes e limpeza da rotuladora no formato de 2L. A linha está parada muitas vezes devido a falhas na rotuladora.
- 5) Vários encravamentos de garrafas no transportador da “sleevadora”, quando esta se encontra em *bypass*, no formato de 2L. Neste formato, apesar da “sleevadora” não ser utilizada, as garrafas têm de passar no transportador desta máquina para se dirigirem à rotuladora. No entanto, por falta de espaço, ocorre contacto com atrito entre as garrafas transportadas e as superfícies laterais de passagem, o que provoca, não só encravamentos, como o desgaste de alguns componentes da máquina.
- 6) Quedas de paletes no final da linha.
- 7) Paragem da paletizadora por acumulação de meias paletes nos transportadores entre a paletizadora e a envolvedora. No programa para meias paletes, a paletizadora interrompe o seu funcionamento a cada duas meias paletes preenchidas que ficam em espera para entrar na envolvedora, o que causa acumulação no resto da linha e, por vezes, faz parar a enchedora.
- 8) Falta de formação dos operadores. Os operadores são, recorrentemente, obrigados a trocar de linha e de postos de trabalho para render outros operadores ou para dar resposta às necessidades de trabalho, o que impede que estes (principalmente os novos operadores) tenham a formação e o acompanhamento adequados no posto de trabalho que lhes foi atribuído, no período de tempo necessário.
- 9) Desperdícios de tempo nos processos de troca de produto com o mesmo formato e em mudanças de formato, o que se reflete em perdas de produtividade. Estas perdas de tempo devem-se principalmente à falta de formação dos operadores, à variabilidade dos métodos de trabalho, à falta de organização do espaço de trabalho e a deslocações desnecessárias.

5. Soluções e Propostas de Melhoria

Depois de identificados os principais problemas que afetavam a produtividade e o desempenho da linha 96, foram aplicadas as ferramentas analíticas da metodologia TRIZ, com o objetivo de encontrar possíveis soluções e propostas de melhoria para as situações problemáticas referidas.

5.1 Melhoria do Desempenho da Máquina Combinada de Sopro e Enchimento

Visto que o mau funcionamento da máquina combinada (enchedora e sopradora) é o aspeto que mais contribui para as reduzidas eficiências que a linha 96 apresenta, torna-se necessário atuar prioritariamente e de forma eficaz na formulação de uma solução que permita melhorar o desempenho do equipamento, aumentar a disponibilidade intrínseca do mesmo, isto é, promover o aumento da probabilidade do equipamento garantir a função que lhe é requerida, reduzir as perdas de tempo relacionadas com as trocas de formato de garrafa e, por conseguinte, procurar melhorar as eficiências da respetiva linha de enchimento. Assim, numa tentativa de encontrar os pontos essenciais a melhorar relativamente ao desempenho da máquina combinada, foram realizadas algumas sessões de *brainstorming* com o chefe do departamento de enchimento, o *team leader* da linha 96 e os chefes de turno da respetiva linha. Posto isto, ficou definido que os esforços e ações de melhoria a realizar deveriam ir de encontro aos seguintes parâmetros:

1. Aumento da produtividade;
2. Redução das quebras de pré-formas, garrafas e produto (xarope);
3. Aumento da manutibilidade do equipamento;
4. Redução do número de avarias (aumento da fiabilidade do equipamento);
5. Redução dos desperdícios de tempo relacionados com as mudanças de formato de garrafa;
6. Redução de erros cometidos por falta de formação, por parte dos operadores da máquina;
7. Redução de custos (custos de manutenção, custos associados a turnos extra ou horas extra para cumprir ordens de produção, custos de quebras de xarope, de materiais, de consumíveis ou de matérias-primas, entre outros).
8. Aumento da flexibilidade: aumentar a variabilidade de produtos e formatos.

Com base nos parâmetros definidos, é possível então elaborar a Matriz de Idealidade, de forma a identificar as interações negativas (representadas pelo sinal “-”), as interações positivas (evidenciadas pelo sinal “+”) e as interações inexistentes, que não apresentam nenhuma interação lógica e que, por isso, não exibem qualquer sinal, entre estes parâmetros. A Matriz de Idealidade que relaciona os parâmetros referidos é apresentada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Matriz de Idealidade aplicada aos parâmetros definidos

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Produtividade		-	-	-			-	
2. Quebras							-	
3. Manutibilidade	+	+		+	+		-	
4. Fiabilidade	+	+			+		-	
5. Tempos de Troca	-						-	-
6. Falta de Formação	-	-	-	-	-		-	-
7. Custos	-	-	-	-	-	-		-
8. Flexibilidade			-	-	-		-	

Posto isto, as interações entre os parâmetros anteriores baseiam-se nas seguintes fundamentações:

1. Produtividade

O principal objetivo a alcançar é proporcionar um incremento na produtividade do equipamento referido, de sopro e enchimento, ou seja, aumentar o número de garrafas produzidas por turno de trabalho. Uma melhoria neste parâmetro implicará, consequentemente, uma interação negativa com os restantes parâmetros, à exceção dos parâmetros “Tempos de Troca”, “Falta de Formação” e “Flexibilidade” com os quais não apresenta interações significativas. Tal deve-se ao facto de o aumento de produção poder interferir negativamente com o aumento do número de avarias, das quebras de garrafas e produto (refrigerante), além do desgaste do próprio equipamento, isto é, a redução da sua capacidade operacional. Deste modo, é igualmente perceptível a sua consequente afetação negativa nos custos.

2. Quebras

Este parâmetro apresenta apenas uma interação lógica que se reflete de forma negativa com o parâmetro “Custos”. Quanto maior for a percentagem de quebras de materiais (pré-formas e cápsulas), de garrafas e de xarope, maiores serão os custos associados a estes desperdícios.

3. Manutibilidade

O aumento da capacidade do equipamento se manter em condições operacionais adequadas provoca interações positivas com a “Produtividade”, com as “Quebras” produtivas, com a “Fiabilidade” do equipamento, com os “Tempos de Troca” e com os “Custos”. Um equipamento em condições operacionais apropriadas permite produzir durante mais tempo, reduzir a variabilidade na produção e diminuir os tempos de troca, uma vez que, se os componentes (moldes e ferramentas) dos equipamentos estiverem em condições operacionais, evitam-se perdas de tempo em ajustes, limpezas, pequenas reparações ou na substituição de algum componente danificado. Não obstante, como as condições operacionais adequadas da máquina se refletem no aumento do tempo de utilização do equipamento, então a “Manutibilidade” interage negativamente com os “Custos” referentes aos consumos energético e de recursos materiais. Relativamente aos parâmetros “Flexibilidade” do equipamento e “Falta de Formação”, não existe qualquer interação significativa.

4. Fiabilidade

De forma análoga ao parâmetro anterior, um aumento da fiabilidade da máquina proporciona uma redução da taxa de avarias, o que promove o incremento da produtividade, que se reflete numa interação positiva entre os parâmetros referidos. Além disso, o correto funcionamento da máquina combinada evita a ocorrência de quebras que resultam diretamente das avarias (como, por exemplo, as quebras de pré-formas por encravamento de garrafas) e perdas de tempo em mudanças de formato (caso exista algum componente danificado, é necessário proceder à sua reparação durante a paragem para mudança de moldes/peças no equipamento, o que poderá resultar no incremento do tempo estabelecido para a troca). Por isso, consideram-se positivas estas últimas interações. Da mesma forma que o parâmetro anterior, a interação da “Fiabilidade” do equipamento com o parâmetro “Custos” é, no entanto, negativa pela mesma razão. Não existe relação significativa com os parâmetros “Manutibilidade”, “Falta de Formação” e “Flexibilidade”.

5. Tempos de troca

A duração das trocas de formato de garrafa tem apenas influência em três parâmetros: “Produtividade”, “Flexibilidade” e “Custos”. Essa afetação é negativa, porque as mudanças de formato obrigam à paragem da máquina combinada e, quanto maior for a duração dessa paragem, menor será a flexibilidade e o tempo de funcionamento do equipamento referido. Por conseguinte, a produtividade poderá diminuir. Para além disso, a redução do tempo disponível para funcionamento reflete-se negativamente nos custos da empresa, isto porque a diminuição da produção poderá levar à perda de clientes por não cumprimento de ordens de produção, bem como a esforços monetários na programação de turnos extra e/ou ao pagamento de horas extraordinárias, de forma a tornar possível a finalização dessas mesmas ordens.

6. Falta de Formação

O parâmetro relativo aos erros cometidos por falta de formação dos operadores apresenta interações negativas com todos os restantes parâmetros. A falta de instrução por parte dos operadores no posto de trabalho da máquina de sopro e enchimento é um fator propício à ocorrência de erros. As incorreções cometidas poderão influenciar o correto desempenho do equipamento, provocar avarias e, desta forma, interferir negativamente na produção, nas quebras de produto, de pré-formas ou de cápsulas, na fiabilidade e na manutibilidade do equipamento. A falta de conhecimento de métodos de trabalho e da forma adequada de realização de determinadas funções poderá conduzir a desperdícios de tempo ou a falhas nos procedimentos de troca de formato de garrafa e, consequentemente, à diminuição da flexibilidade do equipamento. Por fim, determinados erros poderão originar desperdícios dispendiosos para a organização.

7. Custos

O parâmetro associado aos custos interage, também, negativamente com todos os outros parâmetros. Se o objetivo for a redução de custos, a consequência direta poderá traduzir-se na diminuição da produtividade, caso haja uma redução nos custos de manutenção, através do aumento do número de avarias e de paragens. Do mesmo modo, tal poderá implicar a redução da fiabilidade, da manutibilidade do equipamento e da sua flexibilidade. As trocas de formato no equipamento poderão ser mais demoradas, uma vez que a falta de manutenção poderá levar à danificação de componentes. Por outro lado, a redução de custos na aquisição de matérias-primas, materiais e ferramentas poderá também implicar um aumento das quebras na produção. Finalmente, a falta de investimento na formação poderá conduzir à prática de erros ou incorreções por parte dos operadores da máquina.

8. Flexibilidade

Pretende-se que seja possível a produção de vários formatos de garrafas nesta linha. Atualmente, apenas são produzidas garrafas de 2 L e de 0,33 L. Não obstante, num futuro próximo, espera-se produzir garrafas de 1,5 L. Para isso, é necessário que a máquina combinada (sopradora e enchedora) seja adaptável e multifuncional. Esta capacidade requerida poderá provocar, no entanto, interações negativas com os parâmetros “Manutibilidade”, “Fiabilidade”, “Tempos de Troca” e “Custos”, uma vez que o aumento da variabilidade de formatos poderá afetar proporcionalmente o número de trocas efetuadas no equipamento e obrigar a um maior desgaste do mesmo. Assim, haverá uma afeção negativa nos custos de manutenção. Além disso, essa variabilidade poderá refletir-se, também, no incremento dos custos de materiais, como por exemplo, de novas pré-formas, de diferentes moldes e de ferramentas necessárias para os diferentes formatos. Relativamente, aos restantes parâmetros, não se expressa nenhuma interação crítica.

Assim, pela análise da Matriz de Idealidade apresentada na Tabela 5.1, calculou-se o nível de idealidade da situação formulada, através da aplicação da Equação 2.1.

$$\text{Idealidade} = \frac{7}{28} = 0,25 \quad (5.1)$$

Como se pode constatar, o nível de idealidade é inferior a 1, mais concretamente, 0,25. Este resultado deve-se ao facto de a quantidade de interações prejudiciais ser substancialmente superior ao número de interações positivas. Contudo, verifica-se que o nível insatisfatório apresentado resulta, principalmente, da influência dos parâmetros “Produtividade”, “Falta de Formação”, “Custos” e “Flexibilidade”. Desta forma, o aumento do nível de idealidade passa pela redução dos efeitos negativos referentes a estes quatro parâmetros.

O investimento na formação dos operadores é uma solução que permite reduzir a probabilidade de ocorrência de erros e a execução incorreta de determinadas tarefas ou procedimentos de trabalho. O recurso a esta solução origina interações que resultariam num aumento do nível de idealidade do sistema, tal como é expresso na Equação 5.2.

$$\text{Idealidade} = \frac{13}{22} \approx 0,59 \quad (5.2)$$

A aplicação de estratégias que permitam a redução dos tempos de troca de formatos, poderá contribuir para aumentar a flexibilidade e a produtividade da máquina combinada. Tal resultaria, igualmente, num aumento da idealidade do sistema, embora menor que o anterior, como é explícito pela Equação 5.3.

$$\text{Idealidade} = \frac{10}{25} = 0,40 \quad (5.3)$$

A aplicação de ambas as soluções provocaria um aumento significativo na idealidade do sistema, como é evidenciado pela Equação 5.4.

$$\text{Idealidade} = \frac{16}{19} \approx 0,84 \quad (5.4)$$

5.1.1 Melhoria da Gestão Organizacional dos Operadores

Relativamente à gestão organizacional dos operadores, foi possível constatar que não existia qualquer tipo de programa de gestão de processos de formação dos operadores nem de rotação de trabalho dos mesmos. Por isso, grande parte dos trabalhadores que eram contratados, devido à falta de formação e ao facto de estarem constantemente a substituir operadores de outros postos de trabalho e de outras linhas de enchimento, acabavam por não conseguir ter o domínio completo das funções que lhes eram requeridas nos postos de trabalho por onde passavam. Assim, de modo a encontrar soluções para o problema identificado, utilizou-se a Análise Substância-Campo, uma ferramenta analítica da metodologia TRIZ. Desta forma, esta situação problemática pode ser considerada como um sistema incompleto, onde a substância “S9” é identificada como os operadores e a substância “S10” como o desempenho dos mesmos, pelo que deve ser aplicada a primeira solução geral, ou seja, deve ser introduzido um campo F que permita completar o modelo. Nesse sentido, foi sugerida a introdução de um campo “F3” – programa de formação de operadores, com a duração de seis meses, que garantisse a qualificação do operador num determinado posto de trabalho. Esse processo deve incluir o acompanhamento por parte de operadores mais experientes ou de técnicos de máquinas e a implementação de instruções de trabalho que permitam orientar os operadores menos experientes e diminuir a variabilidade dos métodos de trabalho. Só depois de terminado o programa é que os operadores ficam aptos para realizar *job-rotation* (rotação de posto de trabalho). A inserção do novo campo no sistema incompleto, definido anteriormente, está esquematizada na Figura 5.1.

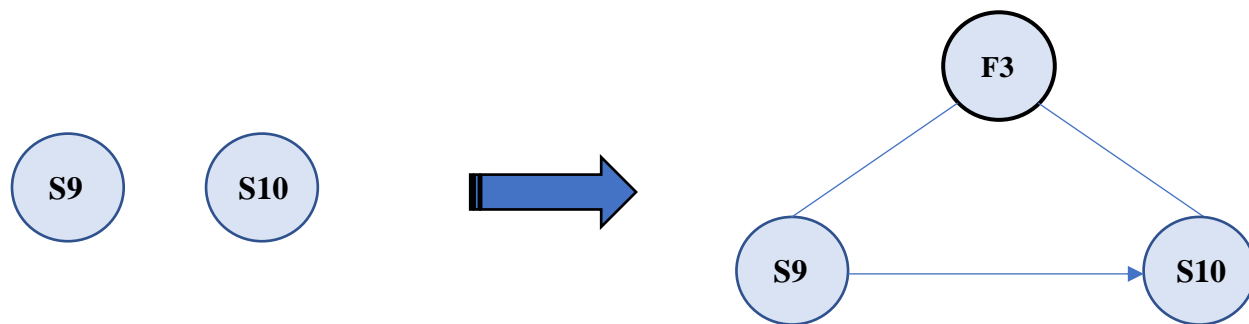


Figura 5.1 - Introdução do campo “F3” – programa de formação de operadores

5.1.2 Redução da Duração das Mudanças de Formato de Garrafa

Uma das principais adversidades ao aumento da eficiência da linha assenta na duração das paragens programadas referentes às trocas de produto para um formato de garrafa diferente, na máquina combinada, sopradora e enchedora. No sentido de formular respostas para este problema, utilizou-se novamente a Análise Substância-Campo. O primeiro passo corresponde à definição do sistema. Nesse sentido, considera-se que o campo “F1” se refere à ação de troca de formato, que inclui a mudança/substituição de moldes ou componentes no equipamento, que se pretende melhorar. A substância “S1” pode presumir-se que corresponde às atividades de troca internas e externas a realizar e a substância “S2” que representa o(s) operador(es) responsável(eis) pela sua execução. Assim, o modelo presente é representativo de um modelo Substância-Campo completo ineficiente ou insuficiente.

Como referenciado na secção 2.2.4.3, existem 76 soluções-padrão que podem ser condensadas em 7 soluções gerais. Neste caso, por forma a melhorar a interação deste sistema optou-se por aplicar a segunda solução geral, que se traduz na modificação da substância “S1”. Como tal, poderá reduzir-se o tempo associado à mudança de formato, através da conversão das operações internas de troca (operações realizadas com o equipamento parado) em operações externas (operações efetuadas com o equipamento em funcionamento). Isto é, executar as atividades que normalmente são efetuadas com a máquina combinada parada, quando esta estiver ainda em funcionamento, o que contribuirá para aumentar a eficiência do sistema. O sistema inicial e o sistema modificado estão esquematizados na Figura 5.2.

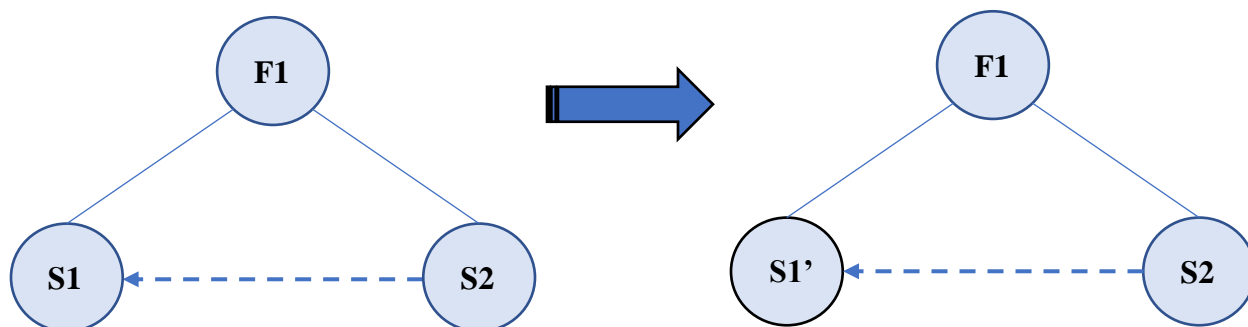


Figura 5.2 - Alteração da substância “S1” – conversão de operações internas em externas

Todavia, o sistema pode ainda ser considerado um “sistema completo ineficiente ou insuficiente”. Por isso, deve considerar-se o acréscimo de outras substâncias ao sistema já modificado. A adição e implementação de procedimentos de trabalho normalizados, de *checklists* de componentes, ferramentas e materiais necessários às trocas – substância “S3”, e o investimento na formação dos operadores, que inclui, como elementos fundamentais, instruções de trabalho para determinadas operações e o acompanhamento de operadores mais experientes e/ou técnicos de máquinas por parte dos colaboradores menos experientes – substância “S4”, acabam por ser importantes na melhoria da eficiência do sistema. Estas novas iterações são apresentadas esquematicamente na Figura 5.3.

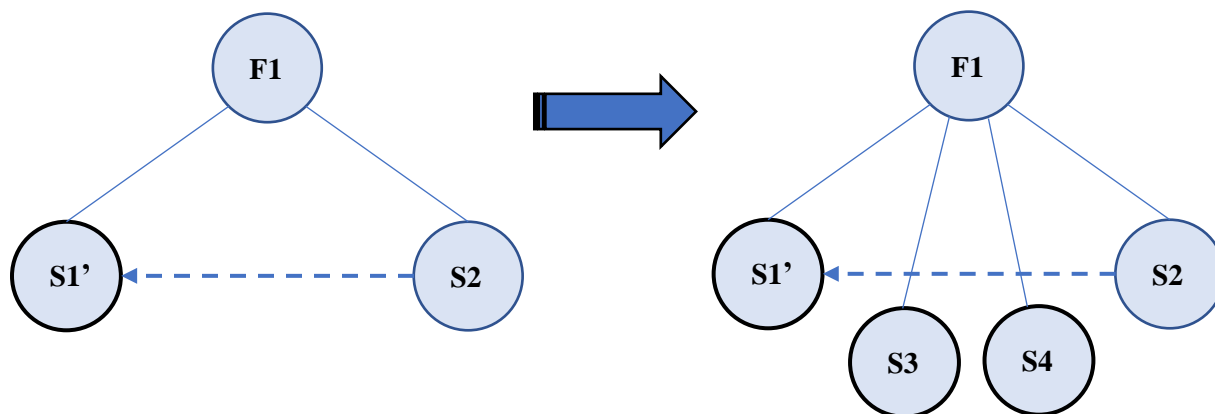


Figura 5.3 - Introdução das substâncias “S3” – instruções de trabalho e “S4” – *checklists*

5.1.2.1 Implementação da SMED

No seguimento do sistema anterior, e numa tentativa de reduzir os tempos improdutivos das trocas de formato de garrafa, ou seja, de minimizar a duração das mudanças de material na sopradora e na enchedora

e, conseqüentemente, aumentar a produtividade da presente linha de enchimento, decidi implementar-se a SMED no posto de trabalho da máquina combinada.

Assim sendo, primeiramente, para garantir o sucesso da implementação desta ferramenta do *Lean*, conversou-se com os operadores da linha e explicou-se-lhes o objetivo e os benefícios e vantagens da realização deste projeto de melhoria. De seguida, foi ainda realçada a importância da participação ativa e cooperação de todos os funcionários neste processo.

A implementação desta metodologia baseou-se no seguimento das etapas identificadas por Shingo no livro “*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*”, descritas na secção 2.1.4.2 e apresentadas na Figura 5.4, que se abordam de seguida.

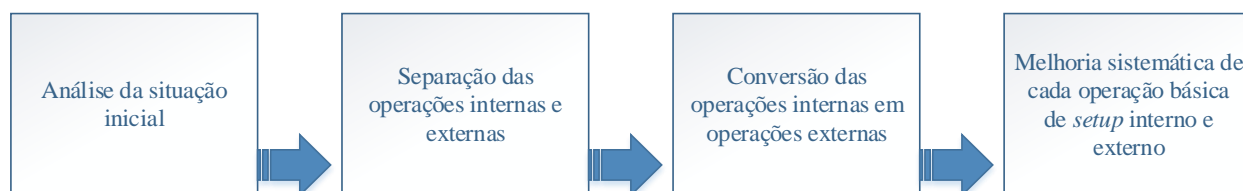


Figura 5.4 - Etapas para a implementação da SMED (Shingo, 1985)

Análise da situação inicial

Nesta primeira etapa, foram observadas todas as atividades e procedimentos de mudança de material de cada uma das máquinas (enchedora e sopradora) e identificados, conjuntamente e através da comunicação com os operadores desse posto, os problemas considerados mais relevantes que afetavam os processos de *setup*.

Por conseguinte, o principal objetivo desta etapa foi a recolha de toda a informação possível relacionada com as atividades de troca de material, de forma a compreender todas as operações do processo e a perceber os aspetos que podem ser melhorados. Posto isto, foram identificadas todas as operações que eram efetuadas nas mudanças de formato em cada uma das máquinas referidas, a sequência de realização dessas mesmas operações e as suas respetivas durações. Foram também apontados os principais constrangimentos aos processos de *setup*. Assim, após a análise da situação inicial verificou-se o seguinte:

- Cada um dos três operadores do posto de trabalho referido realizava as trocas de materiais da maneira que considerava mais adequada, isto é, não existia um procedimento único, definido e normalizado;
- As operações de preparação do processo de troca eram iniciadas quando a máquina combinada já tinha interrompido a produção, pelo que não se realizava nenhuma operação de *setup* externamente;
- Falta de formação dos operadores devido ao facto de os seus turnos de trabalho nem sempre coincidirem com o horário de trabalho dos técnicos da respetiva máquina, o que muitas vezes impedia que os operadores pudessem ser acompanhados e aprendessem a realizar corretamente todas as operações de troca no equipamento;
- Inexistência de documentos auxiliares de instrução para determinadas operações mais complexas;
- Inexistência de documentos auxiliares à organização dos componentes, materiais e ferramentas necessárias às trocas;
- As operações de mudança eram realizadas apenas por um operador;
- Deslocações desnecessárias na procura de ferramentas/materiais.

Separação das operações internas e externas e conversão das operações internas em externas na sopradora

Após a observação de cinco mudanças de formato na sopradora, foi possível identificar e cronometrar todas as atividades de troca executadas pelo método mais comum utilizado pelos operadores. A tabela que apresenta todas as operações de *setup* realizadas pelo método observado, as suas durações médias aproximadas e as respetivas classificações como internas ou externas está exposta no Anexo A (vd. Tabela A.1).

Seguidamente, procedeu-se à conversão do maior número possível de operações internas em atividades externas, de forma a reduzir o tempo em que o equipamento está parado. Como se pode observar pela Tabela A.1 (vd. Anexo A), não existe qualquer operação efetuada externamente. Contudo, após a análise das tarefas identificadas, verificou-se que era possível realizar algumas operações internas com a máquina ainda em funcionamento e, desta forma, transformá-las em operações externas.

Neste sentido, com uma melhor preparação do processo de troca de formato, foi praticável a conversão da 1º, 2º, 3º e 4º operações em operações externas (vd. Tabela 5.2), visto que são tarefas de preparação de materiais e ferramentas necessários à mudança, mas não acrescentam valor ao produto e afetam

negativamente o tempo de *setup*. Esta transformação permitiu uma redução de 13 minutos no tempo de troca de materiais, na sopradora, como se pode verificar pela Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Operações internas de *setup* transformadas em operações externas, na sopradora

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
1º	Preparar ferramentas para a mudança de moldes, batentes e afinação de cames	300	Externa
2º	Preparar material de limpeza de moldes	300	Externa
3º	Colocar carrinho de moldes na plataforma elevatória	120	Externa
4º	Preparar caixa com batentes e saco com anilhas	60	Externa
	TOTAL (segundos)	780	
	TOTAL (minutos)	13	

Para além disso, foi ainda possível reduzir a duração da 7º, 8º, 9º, 10º, 11º, 12º, 13º e 14º atividades internas, que representam a limpeza dos moldes do novo formato e a respetiva substituição dos mesmos (vd. Anexo A), através da realização da ação de limpeza antes da máquina interromper a produção. Desta forma, conseguiu reduzir-se, em cerca de 30 segundos, cada uma das operações assinaladas, o que fez uma diminuição de 4 minutos no tempo de *setup*.

Por último, com estas alterações, obteve-se uma redução de cerca de 17 minutos no tempo de mudança de materiais na sopradora, como é apresentado na Tabela 5.3, pelo que o operador deve dar início à preparação da troca de formato, aproximadamente, vinte minutos antes do final da produção, que é estimável pela quantidade de produto que está no tanque assético de acumulação (para cada formato está definida uma velocidade de produção uniforme da máquina combinada).

Tabela 5.3 - Conversão da tarefa limpeza de moldes numa operação externa

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
1º	Preparar ferramentas para a mudança de moldes, batentes e afinação de cames	300	Externa
2º	Preparar material de limpeza de moldes	300	Externa
3º	Colocar carrinho de moldes na plataforma elevatória	120	Externa
4º	Preparar caixa com batentes e saco com anilhas	60	Externa
5º	Limpeza dos moldes do novo formato	240	Externa
	TOTAL (segundos)	1020	
	TOTAL (minutos)	17	

Melhoria sistemática de cada operação básica de *setup* interno e externo

Na tentativa de reduzir a duração de cada operação básica de *setup* interno e externo, foram efetuadas *checklists* para os componentes, ferramentas e materiais necessários à troca (vd. Anexo B) e elaboradas instruções de trabalho para as operações mais complexas (vd. Anexo C). Após a introdução destes documentos auxiliares, foi possível verificar uma redução de cerca de 2 minutos na duração das operações externas e de, aproximadamente, 3,5 minutos na realização das operações internas, observando-se no total uma redução de 20,5 minutos no tempo de paragem do equipamento, como está evidenciado na Figura 5.5. Apesar de não ter sido possível recolher mais dados relativamente aos tempos de mudança de formato na sopradora e normalizar todo o processo de troca, após a realização desta etapa, torna-se plausível que, com a padronização das alterações introduzidas no processo de mudança de formato na sopradora, poderá melhorar-se, ainda, o respetivo tempo de *setup*.

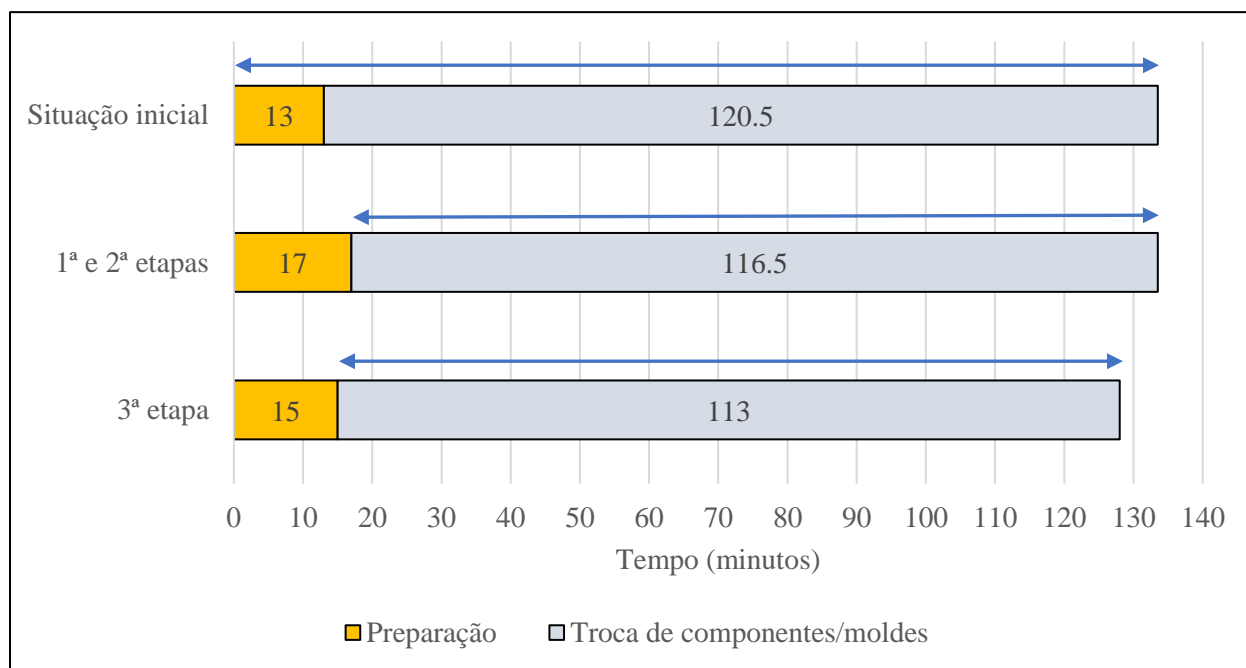


Figura 5.5 - Redução do tempo de *setup* na sopradora por etapas de implementação da SMED

Separação das operações internas e externas e conversão das operações internas em externas na enchedora

Durante a observação de cinco mudanças de formato na enchedora, foi possível assinalar e cronometrar todas as operações de mudança de materiais neste equipamento e identificar a sequência de execução mais comum. A tabela com todas as atividades de *setup* realizadas pelo método mais comum observado, as suas

respetivas durações médias e as classificações como externas ou internas, apresenta-se no Anexo D (vd. Tabela D.1).

Normalmente, a operação de *setup* na enchedora era realizada pelo mesmo operador que efetuava a mudança de formato na sopradora, pelo que todas as atividades de troca na enchedora eram internas, isto é, eram efetuadas com o equipamento parado, posteriormente à troca na sopradora. Por conseguinte, como primeira medida adotada, introduziu-se mais um operador no processo de mudança de materiais na máquina combinada e procedeu-se à execução simultânea das operações de *setup* na sopradora e na enchedora.

Habitualmente, enquanto o operador da combinada realizava a troca de formato no respetivo equipamento, os outros dois operadores da linha¹ efetuavam as trocas de materiais na embaladora, as trocas de programa na paletizadora e na envolvedora, as mudanças de consumíveis e os ajustes ao resto da linha. Contudo, como era prioritário terminar a operação de *setup* na combinada, para que esta pudesse iniciar, o mais rápido possível, os ciclos de sanificação e esterilização² e ficar disponível novamente para iniciar a produção, tornava-se imperativo que a troca de materiais na combinada fosse efetuada por dois operadores e em simultâneo.

Posto isto, foi então possível a conversão da 1ª e 2ª operações de troca na enchedora em atividades externas, como está exposto na Tabela 5.4, o que permitiu a redução de 90 segundos na duração do tempo efetivo de *setup*.

Tabela 5.4 - Operações internas de *setup* transformadas em operações externas, na enchedora

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
1º	Preparação das ferramentas necessárias	60	Externa
2º	Aproximação do carrinho de moldes da enchedora	30	Externa
	TOTAL (segundos)	90	
	TOTAL (minutos)	1,5	

¹ Existiam, habitualmente, três operadores, por turno, na presente linha de enchimento

² Os ciclos de sanificação e de esterilização da máquina combinada tinham a duração aproximada de três horas, o que viabilizava a realização das restantes mudanças na linha após a troca de formato na sopradora e enchedora, durante este período.

Melhoria sistemática de cada operação básica de *setup* interno e externo

De forma a tentar reduzir a duração de cada operação básica de *setup* interno e externo na enchedora, foram igualmente efetuadas *checklists* dos moldes, materiais e ferramentas necessários à troca, que estão expostas no Anexo E. Após a introdução destes documentos auxiliares, foi possível verificar uma redução de cerca de 15 segundos na duração das operações externas e de 2 minutos na realização das operações internas. Assim, no total, observou-se uma redução de 3,5 minutos no tempo referente às operações internas, como está evidenciado na Figura 5.6.

Não obstante, com a padronização das alterações introduzidas no processo de mudança de formato, bem como do método de trabalho adotado, poderá efetuar-se a troca de formato num intervalo de tempo ainda mais reduzido.

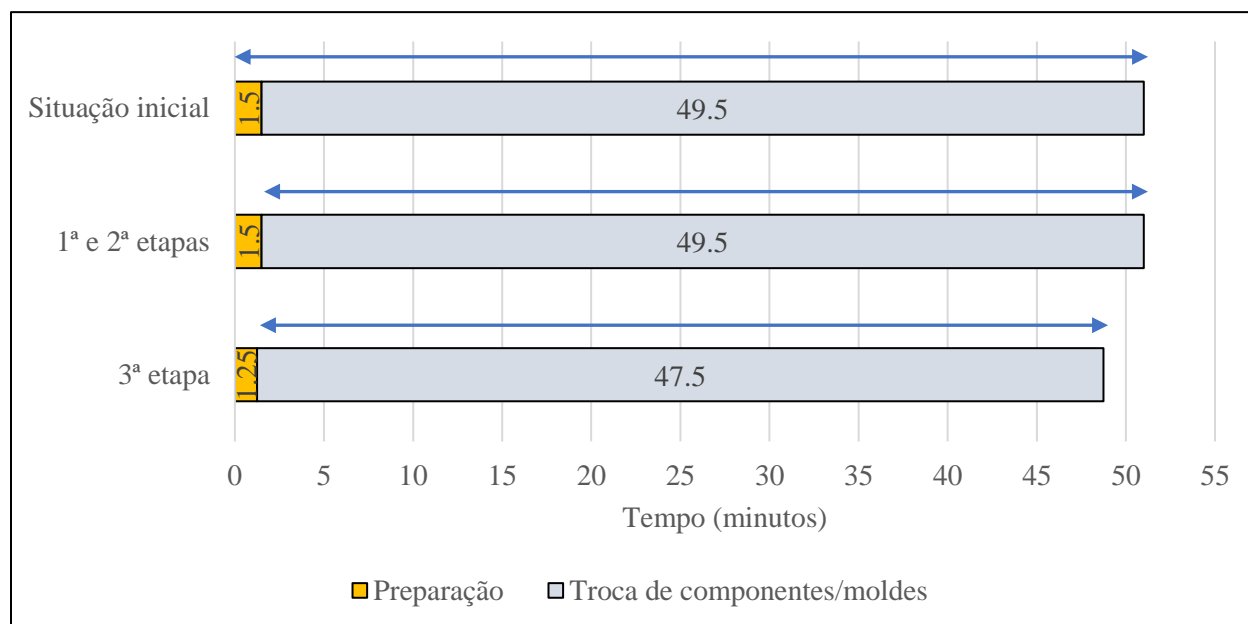


Figura 5.6 - Redução do tempo de *setup* na enchedora por etapas de implementação da SMED

Resultados

Em suma, verificou-se que, com a implementação da SMED, foi possível reduzir o tempo necessário para a mudança de material, na sopradora e enchedora, em cerca de 71,5 minutos. Inicialmente, o tempo de realização das atividades de *setup* era, em média, 184,5 minutos (vd. Figura 5.7) e, após a implementação das melhorias associadas à metodologia aplicada (SMED), este foi reduzido para 113 minutos, como se

pode observar pela Figuras 5.7 e 5.8, onde se apresenta a duração da paragem do equipamento combinado para realização das operações de *setup*, antes e após a implementação da SMED, respetivamente.

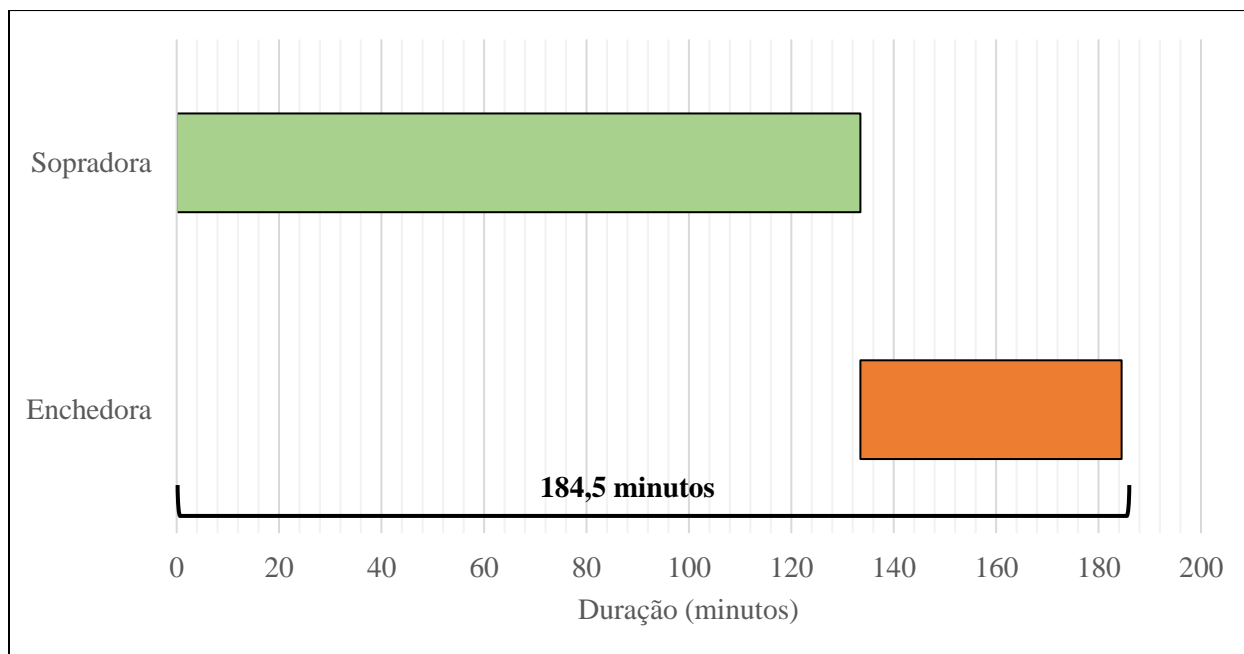


Figura 5.7 - Tempo de *setup* da máquina combinada antes da implementação da SMED

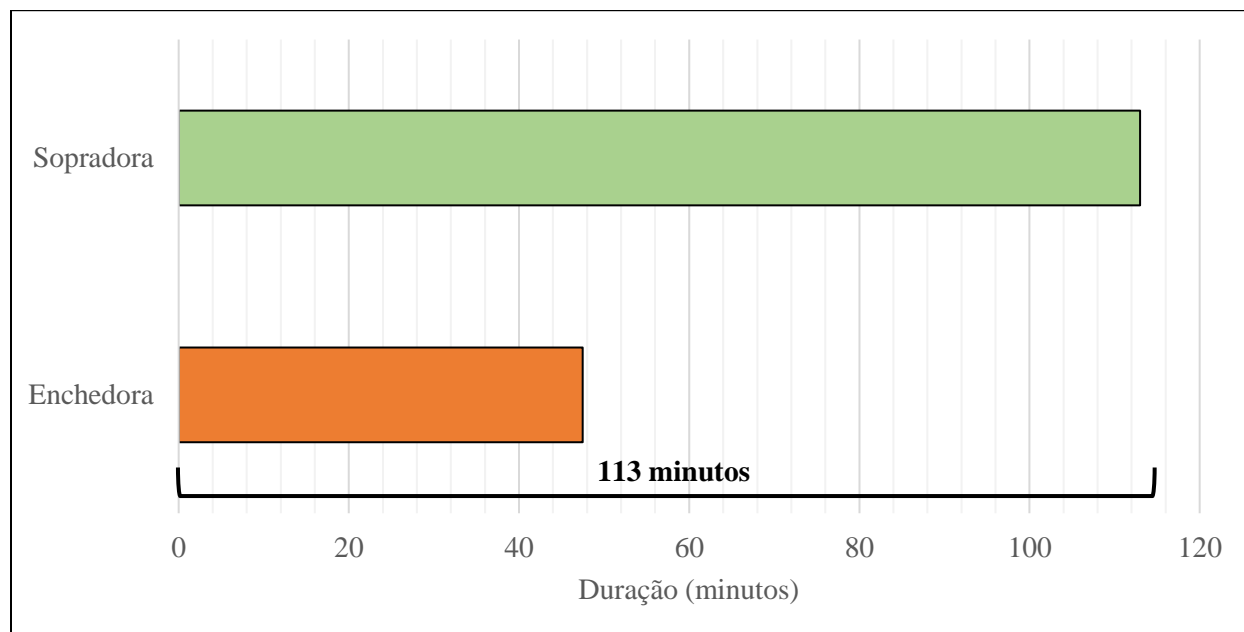


Figura 5.8 - Tempo de *setup* da máquina combinada após a implementação da SMED

Pela análise dos resultados obtidos, pode constatar-se que a implementação das técnicas referentes à metodologia SMED, na máquina combinada, permitiu uma melhoria substancial no respetivo processo de *setup* e, conseqüentemente, poderá influenciar de modo positivo a produtividade da presente linha de enchimento, já que permitiu a redução do tempo de paragem da respetiva máquina. Apesar de serem produzidos, ainda, apenas dois tipos de formato nesta linha (0,33 L e 2 L), as melhorias implementadas no processo de troca de material deste equipamento tornam-se fundamentais para o desempenho futuro da linha, uma vez que, sendo uma linha de enchimento recente, pretende-se, futuramente, que sejam introduzidos novos formatos de garrafas, como por exemplo, o formato de 1,5 L. Assim, uma vez implementada a metodologia SMED, poderá efetuar-se a transição para outros formatos de uma forma significativamente mais eficiente.

5.2 Redução de Desperdícios

Um dos objetivos principais dos responsáveis da empresa é melhorar a produtividade e reduzir as quebras na produção, no sentido de aumentar os lucros da organização e reduzir os custos associados aos desperdícios. Contudo, sendo estes dois parâmetros contraditórios, torna-se vantajoso aplicar a Matriz das Contradições, uma ferramenta analítica da metodologia TRIZ que visa encontrar medidas inventivas de resolução do conflito considerado.

Assim sendo, definiu-se, como característica a ser melhorada, o parâmetro de engenharia número 39 – “Produtividade” e, para que a melhoria deste atributo não influencie negativamente a qualidade do produto e os desperdícios na produção associados a xarope, cápsulas, pré-formas e garrafas, entre outros materiais, considera-se, como parâmetro que é deteriorado, o elemento número 29 – “Precisão de fabrico”. Para eliminar esta contradição técnica resultante da correlação destes dois parâmetros de engenharia, expostos na Matriz de Contradições e evidenciados na Tabela 5.5, assinalaram-se os princípios inventivos capazes de resolver o conflito apresentado:

Princípio 1 – “Segmentação”.

Princípio 10 – “Ação prévia”.

Princípio 18 – “Vibrações Mecânicas”.

Princípio 32 – “Mudança de Cor”.

Tabela 5.5 – Identificação dos princípios inventivos na Matriz de Contradições (adaptado de Altshuller, 2001)

		PARÂMETROS DE ENGENHARIA PIORADOS				
		25	26	27	28	29
PARÂMETROS DE ENGENHARIA A SEREM MELHORADOS	37	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	-
	38	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23
	39	-	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1

No entanto, este conjunto de princípios, evidenciados pela Matriz de Contradições, pode não representar a solução mais adequada para dissipar a contradição, pelo que é imperativo uma reavaliação cuidadosa dos princípios que podem ser concretamente aplicáveis.

Por conseguinte, entre os princípios identificados, o único que constitui uma solução potencialmente praticável é o princípio 10 – “Ação prévia”, visto que os restantes não se aplicam à situação em estudo. Posto isto, a resolução do conflito, através deste princípio, passa pelo planeamento e organização não só de informação, como por exemplo das ordens de produção semanais, como da produção de xarope, do material necessário ao processo de enchimento e de procedimentos de limpeza e preparação dos equipamentos. Planear, organizar e prever torna-se fundamental para fazer face às necessidades existentes e fomentar a redução de desperdícios. A inexistência deste tipo de “ações prévias” pode originar falhas de informação, a utilização de material errado na produção (por exemplo, utilizar cápsulas ou pré-formas inadequadas ao tipo de formato a produzir) ou até o incumprimento das especificações das ordens de produção divulgadas, o que poderá resultar em quebras e desperdícios produtivos. Para além disso, a definição e normalização de procedimentos de trabalho que permitam uniformizar os métodos de realização das operações nos equipamentos, reduzir a variabilidade do processo de enchimento e aumentar a qualidade do produto final, poderá ser eficaz no aumento da produtividade da linha em estudo e na diminuição de desperdícios associados a atividades que não acrescentam valor ao processo produtivo.

Assim, após algumas reuniões com a chefia e com o *team leader* da linha, foram efetuados esforços no sentido de reduzir os desperdícios de materiais e consumíveis, as quebras de produto, a variabilidade dos métodos de trabalho e, efetivamente, melhorar a eficiência na produção, a qualidade do produto final, além do aproveitamento e eficiência dos trabalhadores. Para isso, decidiu implementar-se as ferramentas do *Lean* 5S e Trabalho Normalizado.

5.2.1 Implementação da Ferramenta do *Lean 5S*

No âmbito da identificação dos desperdícios nos postos de trabalho e da implementação da ferramenta 5S, foi inicialmente concebido um documento de verificação e quantificação em relação aos cinco sentidos, bem como efetuado um estudo de caso a cada posto de trabalho com base nesse documento de trabalho.

Documento de Controlo e Avaliação

De forma a avaliar e identificar pontos de melhorias nos postos de trabalho da linha de enchimento referenciada, em estudo, foi elaborado um documento de controlo e avaliação do nível de implementação da 5S, que permite a quantificação de cada posto em relação aos cinco sentidos e a identificação de possíveis ações de melhoria. As Tabelas 5.6 e 5.7 apresentam, respetivamente, os parâmetros em avaliação e os critérios de pontuação usados nas auditorias.

Tabela 5.6 – Documento de avaliação dos postos de trabalho

Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho		
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos		
	Não existe informação excessiva e desnecessária		
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos		
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados		
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados		
	As zonas de arrumação estão identificadas		
	Os pés de máquina estão devidamente identificados		
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados		
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo		
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente		
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho		

Tabela 5.6 - Documento de avaliação dos postos de trabalho (Continuação)

Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações
Limpeza	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza		
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas		
Padronização	Existência de instruções de trabalho		
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados		
	Existência de planos de limpeza definidos		
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)		
Disciplina	Existe formação		
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção		
	As normas de segurança são cumpridas		
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)		

Tabela 5.7 - Critérios de avaliação 5S

Critérios de Avaliação				
0	1	2	3	4
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre



1ª Avaliação

Inicialmente, foi executada uma primeira avaliação a cada um dos quatro postos de trabalho da linha de enchimento 96: posto de trabalho da máquina combinada (enchedora e sopradora), posto de trabalho da rotuladora e “sleevadora”, posto de trabalho da embaladora (máquina envolvente de packs) e posto de trabalho da paletizadora e envolvente. O objetivo da avaliação foi analisar a situação atual de cada uma dessas áreas de trabalho e definir pontos de melhoria a implementar.

Assim, os postos de trabalho da enchedora/sopradora e da rotuladora/“sleevadora” obtiveram, respetivamente, as quantificações 62,5% e 59,1%, enquanto que os valores obtidos para os postos de trabalho da embaladora e da paletizadora/envolvente foram, respetivamente, 76,1% e 79,5%, tendo sido

atribuído igual peso a todos os parâmetros de avaliação. Na Tabela 5.8, é apresentado o documento de avaliação preenchido com a respetiva pontuação inicial do posto de trabalho da enchedora/sopradora, como exemplo. As avaliações dos restantes postos de trabalho encontram-se no Anexo F.

Tabela 5.8 - Documento da avaliação inicial do posto de trabalho da enchedora/sopradora

 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S			
Auditores: Daniel Ferreira				Posto de Trabalho: Enchedora/Sopradora	
Data: 27 / 02 / 2017				Pontuação: 55 (62,5%)	
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações		
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	2			
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	2			
	Não existe informação excessiva e desnecessária	2			
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	2			
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	2			
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	2			
	As zonas de arrumação estão identificadas	2			
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	2			
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	2			
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	2			
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	2			
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	3			
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	3			
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	2			
Padronização	Existência de instruções de trabalho	2			
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	2			
	Existência de planos de limpeza definidos	3			
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4			
Disciplina	Existe formação	2			
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4			
	As normas de segurança são cumpridas	4			
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4			
Critérios de Avaliação					
0	1	2	3	4	
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre	

Após a primeira avaliação, foi definido o valor de 80% como valor objetivo a alcançar para o desempenho de cada posto. Desta forma, decidiu dar-se prioridade aos postos de trabalho da enchedora/sopradora e da rotuladora/“sleevadora” na implementação da ferramenta 5S, visto que tinham avaliações muito abaixo dos 80%, pelo que o tempo atribuído para implementação de melhorias foi utilizado principalmente no desenvolvimento de esforços direcionados para melhorar a organização, limpeza e arrumação destes postos de trabalho.

Implementação de Melhorias

Após a realização da primeira análise, foram primeiramente identificadas as não conformidades e as oportunidades de melhoria nos postos de trabalho da enchedora/sopradora e da rotuladora/“sleevadora”. Seguidamente, foram introduzidas e sugeridas soluções ou propostas de melhoria para as irregularidades assinaladas nos dois postos de trabalho referidos. A decisão de implementar esta ferramenta do *Lean* teve como objetivo melhorar as condições de trabalho de todos os colaboradores, aumentar a segurança dos operadores e reduzir as perdas de tempo associadas à procura de materiais, sejam eles consumíveis, ferramentas, moldes ou outros instrumentos de trabalho.

Assim, foram identificadas as seguintes não conformidades no posto de trabalho da máquina combinada (enchedora e sopradora):

- 1- **Desorganização da mesa de trabalho.** Observou-se que a mesa de trabalho continha demasiados materiais e excesso de informação. Através da Figura 5.9, é possível observar que a mesa não está organizada, estando ocupada com materiais desnecessários (por exemplo, garrafas vazias, um rolo de papel, entre outros) e com papéis informativos. Esta falta de organização dificulta o trabalho dos operadores e condiciona a sua perceção relativamente à informação que está afixada e que se pretende que seja transmitida. Na Figura 5.9 verifica-se, também, que não existe espaço para colocar o dossier com documentos auxiliares, para preencher a folha de registo de paragens ou para utilizar o caderno auxiliar. É também visível que existem informações que estão afixadas por detrás de outros objetos, o que impossibilita a sua visualização por parte dos operadores;



Figura 5.9 - Mesa de trabalho desorganizada e com excesso de materiais

- 2- **Desorganização e falta de planejamento no fornecimento de materiais e consumíveis.**
Verificou-se a existência de erros e de desperdícios de tempo associados à falta de organização no fornecimento de material necessário ao processo de enchimento como, por exemplo, cápsulas e pré-formas;
- 3- **Desarrumação e desorganização de ferramentas e moldes de máquina.** Na Figura 5.10, é evidente a falta de organização dos instrumentos de trabalho, pela ausência de ferramentas do painel destacado para arrumação das mesmas;

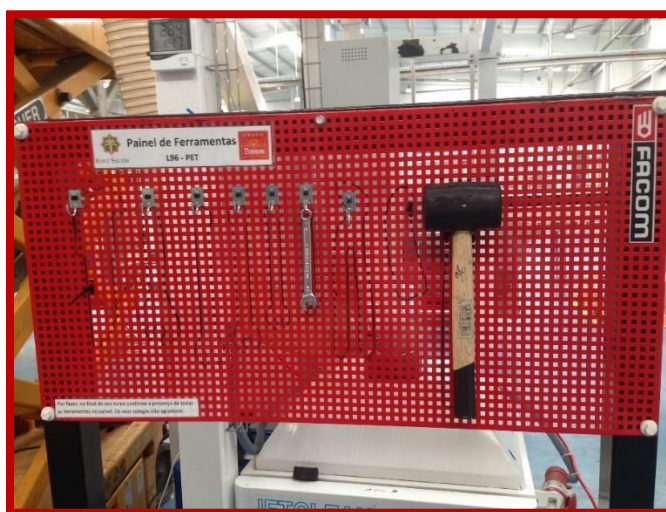


Figura 5.10 – Ausência de ferramentas do painel de arrumação

- 4- **Desarrumação e falta de organização dos líquidos consumíveis da datadora de garrafas, bem como do material de limpeza de garrafas.** Na Figura 5.11, é notória a inexistência de qualquer tipo de suporte e identificação para os materiais consumíveis da datadora (por exemplo, o recipiente de tinta) e para os materiais de limpeza de garrafas (como o rolo de papel e a acetona), pelo que estes se encontravam espalhados na superfície inferior da datadora, sujeitos a serem confundidos ou acidentalmente derramados.



Figura 5.11 – Desorganização dos materiais consumíveis da datadora de garrafas

Uma vez identificadas as não conformidades no posto de trabalho da máquina combinada, foram implementadas e/ou sugeridas as seguintes propostas de melhoria:

- 1- **Introdução de um painel informativo.** Foi introduzido um painel neste posto de trabalho com o intuito de ser utilizado apenas para colocação e afixação de informação. Desta forma, foi possível organizar todo o tipo de informação que se pretende transmitir aos operadores como, por exemplo, avisos, instruções, alguns indicadores de desempenho da linha, curvas de velocidade por

equipamento e por formato de garrafa, recordes de produção, matrizes e *standards* de limpeza, entre outros. O painel informativo pode observar-se na Figura 5.12.

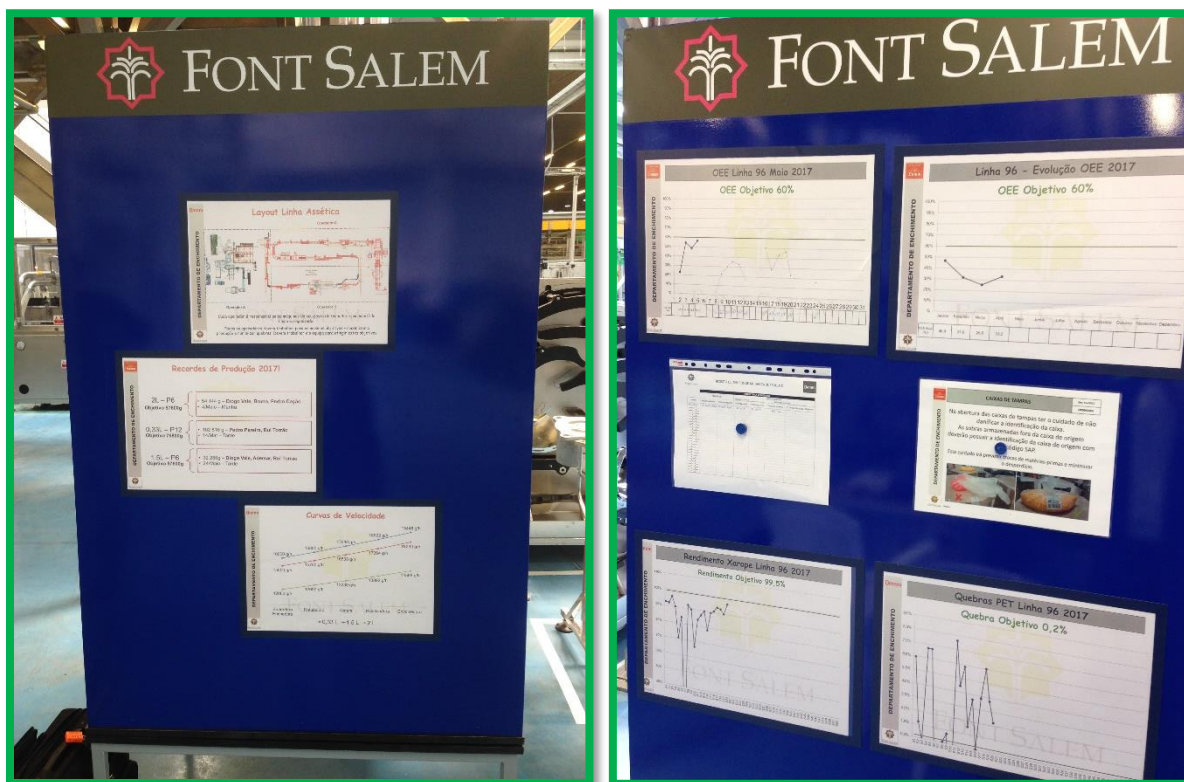


Figura 5.12 - Painel informativo

- 2- **Marcação dos “pés” de máquina.** Neste posto de trabalho foram definidos visualmente, com marcações a tinta, os “pés” de máquina referentes ao contentor de pré-formas e à tremonha de armazenagem de cápsulas. Estas marcações facilitam o trabalho dos empilhadores, permitindo que estes identifiquem, mais facilmente, o local apropriado para a colocação das caixas dos respetivos materiais. A eficiência no abastecimento destes materiais permite um fluxo contínuo na produção, visto que impede a ocorrência de paragens no enchimento por falta de pré-formas ou cápsulas. Na Figura 5.13, é visível a marcação do “pé” da tremonha, onde são colocadas as cápsulas que vão ser utilizadas.



Figura 5.13 - Marcação visual do "pé" da tremonha

- 3- **Marcação visual, a tinta, da localização dos caixotes de reciclagem.** Esta medida veio facilitar o trabalho da equipa de recolha de resíduos, uma vez que possibilita que estes saibam sempre onde colocar os respetivos contentores/caixotes de reciclagem, após a recolha. Para além disso, os hábitos de limpeza e de reciclagem dos operadores deste posto são, consequentemente, promovidos e simplificados. As referidas marcações são visíveis na Figura 5.14.



Figura 5.14 - Marcação visual da localização dos contentores/caixotes de reciclagem

- 4- **Introdução de um suporte de arrumação para o material consumível da datadora de garrafas.** Esta melhoria não chegou a ser implementada devido a limitações de tempo, mas o suporte foi, no entanto, encomendado. Esta medida permite facilitar a identificação e a gestão do respetivo material, bem como impedir que este esteja desorganizado, em locais de difícil visualização ou que seja derramado acidentalmente.
- 5- **Organização dos carrinhos de moldes.** A organização dos carrinhos de moldes, com o desenho do contorno de cada molde e a respetiva identificação numérica dos mesmos, poderá permitir não só reduzir o tempo despendido na procura e identificação dos moldes para cada formato de garrafa, como prevenir a ocorrência de erros por parte dos operadores na escolha do molde a substituir. Na Figura 5.15, é possível observar, como exemplo, o carrinho de moldes da enchedora bem organizado, com os respetivos moldes devidamente arrumados.



Figura 5.15 - Carrinho de moldes da enchedora corretamente organizado

Relativamente ao posto de trabalho da rotuladora e da “sleevadora”, foram identificadas as seguintes não conformidades:

- 1- **Falta de organização e de arrumação dos consumíveis para a rotuladora (rótulos) e para a “sleevadora” (*sleeves*).** Os rolos consumíveis necessários para cada uma destas máquinas encontravam-se, muitas vezes, afastados do equipamento, misturados, sem qualquer tipo de organização, como está explícito na Figura 5.16. A desorganização deste tipo de consumíveis pode traduzir-se em desperdícios de tempo nas respetivas mudanças de rolo ou até em erros na seleção do rótulo para o tipo de produto a encher.

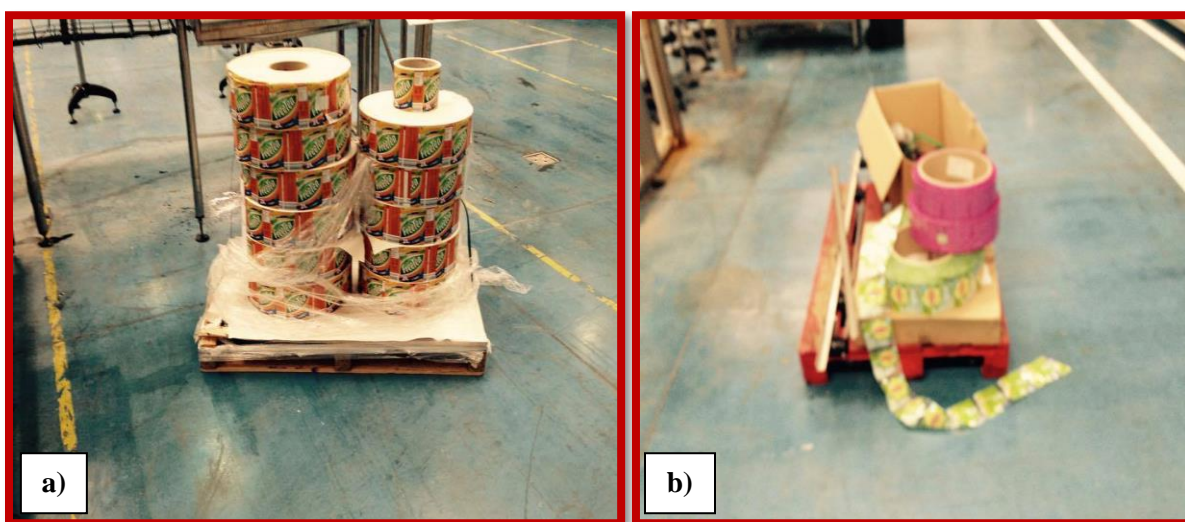


Figura 5.16 - Rolos consumíveis desorganizados.

- a) Rótulos
- b) *Sleeves*

- 2- **Desorganização, desarrumação e falta de limpeza do armário da rotuladora e da bancada da “sleevadora”.** Como é visível pela Figura 5.17, o armário de trabalho da rotuladora não se encontrava limpo nem organizado. Os materiais não estavam arrumados na respetiva zona, identificada para o efeito e encontravam-se misturados. Existiam também restos de rolos de rótulos e outros elementos desnecessários, sem qualquer utilidade, como garrafas e latas. Para além disto, a bancada de trabalho da “sleevadora” encontrava-se igualmente suja e desorganizada, como é, também, evidenciado na Figura 5.18.



Figura 5.17 - Armário de arrumação da rotuladora desarrumado, desorganizado e com resíduos



Figura 5.18 - Bancada da "sleevadora" suja e desorganizada

- 3- **Falta de limpeza dos componentes da rotuladora.** A realização insuficiente de operações de limpeza da rotuladora originava frequentes paragens, do mesmo equipamento, por falha de rótulo, excesso de cola no tambor ou por mau posicionamento do rótulo.

Em seguida são apresentadas as sugestões e as propostas de melhoria implementadas no posto de trabalho da rotuladora/“sleevadora”:

- 1- **Marcação visual, a tinta, dos locais apropriados para colocação dos rolos consumíveis.** A definição dos “pés” de máquina da rotuladora e da “sleevidora” poderá traduzir-se na redução das perdas de tempo associadas ao deslocamento dos operadores nos momentos de troca de consumíveis, uma vez que os “pés” de máquina foram definidos perto dos respetivos equipamentos, e facilitar o trabalho dos empilhadores que, desta forma, sabem exatamente onde colocar os materiais. Consequentemente, tal poderá proporcionar uma melhoria na eficiência de abastecimento destes materiais consumíveis. Na Figura 5.19 está representada, como exemplo, a marcação do “pé” de máquina da rotuladora, onde devem ser colocados os rolos dos rótulos que vão ser usados.



Figura 5.19 - Marcação visual do "pé" da rotuladora

- 2- **Elaboração de *standards* de limpeza.** Foram definidos e afixados *standards* de limpeza para a rotuladora e para a “sleevidora”, expostos no Anexo G. O objetivo desta medida foi sensibilizar e mover os operadores para a realização de pequenas atitudes que asseguram a limpeza, organização e segurança do espaço de trabalho, contribuindo igualmente para melhorar as condições de trabalho dos próprios trabalhadores.
- 3- **Elaboração de um procedimento de limpeza para os componentes da rotuladora.** De forma a reduzir as frequentes paragens da rotuladora por falta de limpeza dos seus componentes, foi definido um procedimento de limpeza, na tentativa de normalizar as ações autónomas, referentes à limpeza e lubrificação dos componentes do equipamento, efetuadas por parte dos operadores. Esta medida foi implementada com o objetivo de garantir o estado adequado de funcionamento da

rotuladora e reduzir a ocorrência de falhas do respetivo equipamento. Este procedimento é apresentado no Anexo H.

Embora as ações de melhoria aplicadas, no âmbito da implementação da 5S, tenham sido direcionadas para a melhoria de desempenho dos postos de trabalho da máquina combinada e da rotuladora/“sleevadora”, foram, adicionalmente, implementadas as seguintes medidas, no resto da linha:

- 1- **Organização das mesas de trabalho.** Procedeu-se à arrumação e organização das mesas de trabalho na tentativa de melhorar as condições de trabalho dos operadores e reduzir os tempos de procura de materiais ou documentos necessários ao desempenho dos mesmos como autocontrolos, instruções de trabalho, ordens de produção, manuais de equipamentos, entre outros. Assim, com a normalização de hábitos de organização das mesas de trabalho, todos os colaboradores poderão ter conhecimento da localização de cada tipo de material ou documento e aceder mais rapidamente a esses instrumentos de trabalho. Na Figura 5.20, é possível observar, por exemplo, um suporte azul introduzido para colocação de instruções de trabalho, manuais de equipamentos e o sítio apropriado para afixação da respetiva ordem de produção.

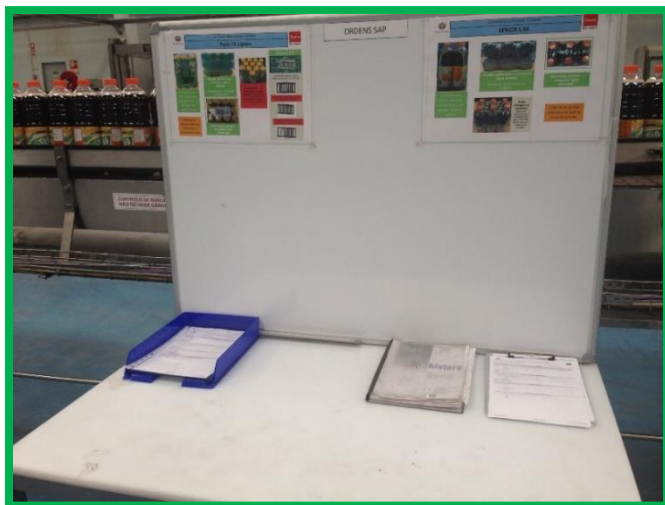


Figura 5.20 - Exemplo de uma mesa de trabalho organizada

- 2- **Introdução de um suporte para rolos de químicos consumíveis para a etiquetadora de paletes e para a etiquetadora de *packs*.** Este suporte, apresentado na Figura 5.21, permite poupar espaço de arrumação, visto que os rolos são colocados na vertical, e encontra-se perto dos respetivos equipamentos, pelo que se poderá obter ganhos de tempo na substituição destes consumíveis. Para

além disso, o suporte introduzido permite a alocação de bastantes rolos, o que se traduz na diminuição do número de reabastecimentos necessários e, conseqüentemente, poderá ter influência na redução da probabilidade de paragem dos respetivos equipamentos por falta de consumíveis.



Figura 5.21 - Suporte para rolos químicos

- 3- **Introdução de um batente no final de linha.** De forma a evitar a queda de paletes e meias paletes no final de linha, quando são retiradas pelos empilhadores (vd. Figura 5.22), e a conseqüente quebra de produto acabado, foi introduzido um batente de apoio no final de linha, observável na Figura 5.23, de modo a facilitar o trabalho dos empilhadores e a impedir este tipo de ocorrências.



Figura 5.22 - Queda de paletes no final de linha



Figura 5.23 - Batente introduzido no final de linha

Em suma, com a implementação da 5S, poderá ser possível a obtenção dos seguintes benefícios:

- Diminuição do tempo associado à procura de material;
- Áreas de trabalho mais limpas;
- Aumento da durabilidade dos equipamentos;
- Redução dos custos de manutenção corretiva;
- Melhor organização no fornecimento de materiais e consumíveis;
- Maior acessibilidade por parte de operadores e empilhadores: as zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas;
- Melhor organização na transmissão de informação: a informação encontra-se organizada e exposta em quadros ou painéis informativos;
- Maior facilidade na identificação de material e ferramentas a utilizar em cada tarefa;
- Melhoria da imagem da empresa aos olhos dos clientes.

2ª Avaliação

Depois da implementação de melhorias e de se ter definido como meta a alcançar, para o desempenho de cada posto de trabalho, o valor de 80%, foi realizada uma segunda avaliação aos postos de trabalho, com o objetivo de analisar e comparar a evolução da pontuação, relativamente aos cinco senso, dos postos da enchedora/sopradora e da rotuladora/“sleevidora”. Assim sendo, verificou-se que os resultados superaram a meta inicial definida, alcançando-se as quantificações de 85,2% para o posto de trabalho da enchedora/sopradora e de 83,0% para o posto de trabalho da rotuladora e “sleevidora” (vd. Anexo I). Na Figura 5.24, podem ser comparados os resultados de desempenho das respectivas avaliações nestes dois postos de trabalho, isto é, antes e após a implementação da 5S.

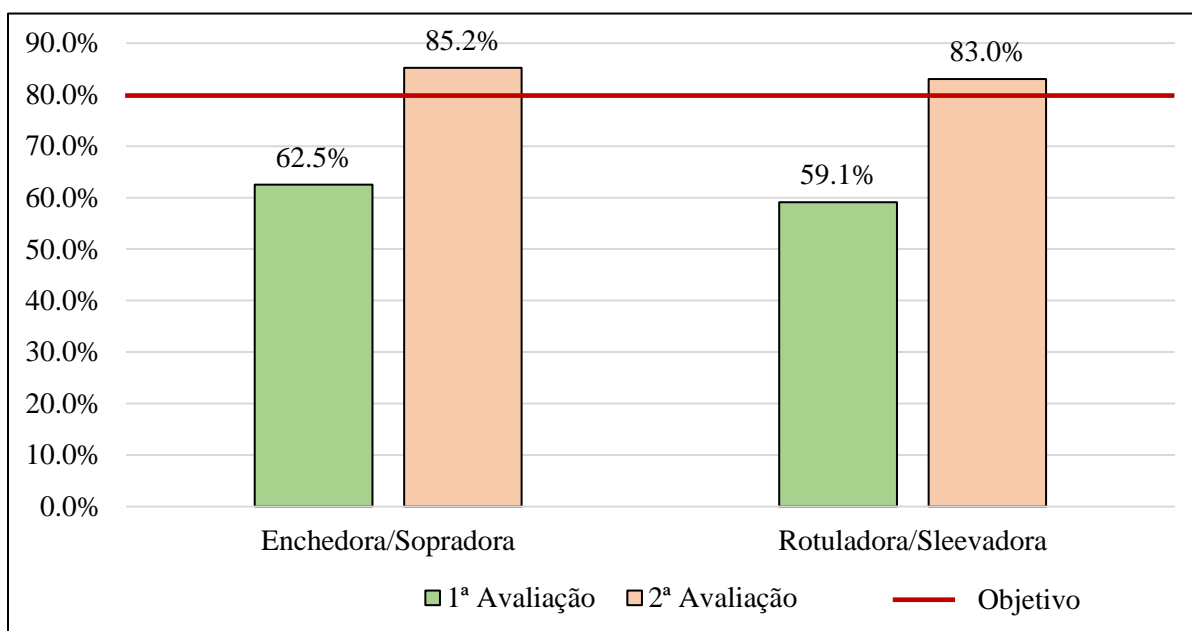


Figura 5.24 - Avaliação de desempenho antes e após a implementação da 5S

5.2.2 Implementação do Trabalho Normalizado

Embora não tenha sido desenvolvido nenhum programa de formação dos operadores, houve uma aposta na tentativa de normalização dos processos e métodos de trabalho nesta linha de enchimento. O objetivo da implementação do trabalho normalizado foi tentar reduzir a variabilidade na produção, garantir o mesmo nível de qualidade dos produtos e preservar a segurança dos operadores. O desafio proposto pelo chefe do

departamento de enchimento, para uniformizar as operações realizadas em cada posto de trabalho, consistiu principalmente na elaboração de instruções de trabalho e de *checklists*.

Análise geral da situação inicial de todos os postos de trabalho

Inicialmente, observou-se que os operadores ficavam habilitados para operar uma máquina após o acompanhamento, durante alguns dias, de técnicos da máquina ou de operadores mais experientes que frequentemente trabalham no equipamento em questão. No entanto, o tempo de formação não é suficiente para que os operadores possuam o domínio completo das tarefas a executar em cada posto de trabalho, o que originava muitas vezes erros por parte dos trabalhadores e obrigava a que estes desenvolvessem métodos de trabalho próprios e distintos que não eram os mais adequados. Para além disso, a inexistência de processos de trabalho normalizados contribuía, também, para que cada colaborador realizasse e ensinasse cada tarefa do modo que achava mais vantajoso e eficaz.

Sensibilização dos operadores

A primeira etapa de implementação do trabalho normalizado passou pela sensibilização dos operadores, já que são eles que executam as tarefas, lidam com os equipamentos e detêm uma melhor perceção dos problemas existentes na linha em estudo, pelo que a sua participação se tornou fundamental para implementar esta ferramenta com sucesso.

Explicou-se então, aos trabalhadores, o objetivo e as vantagens da normalização do trabalho e da existência de procedimentos uniformes para garantir a qualidade dos produtos, a segurança dos funcionários e a redução de desperdícios. Foi também esclarecida e comunicada a importância da participação de cada um deles neste processo de implementação.

Observação da realização das principais tarefas em cada máquina da linha de enchimento

Nesta etapa, observou-se a realização das operações mais frequentes em cada máquina da linha por parte dos operadores, como por exemplo, mudanças de consumíveis, mudanças de formato dos equipamentos e as atividades efetuadas antes e após terminar o enchimento.

Como trabalham três operadores em cada máquina, visto que existem três turnos de trabalho, observaram-se os métodos de trabalho utilizados por cada um e as sequências de realização das várias operações, de

modo a verificar se a variabilidade dos procedimentos era significativa. Consequentemente, procedeu-se à identificação dos processos mais adequados de realização de cada tarefa, que permitissem minimizar desperdícios, através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto.

Elaboração da documentação: instruções de trabalho e *checklists*

O passo seguinte consistiu na elaboração dos documentos que descreviam passo a passo a forma mais adequada de realização de todas as operações necessárias para completar cada tarefa nos respetivos equipamentos e a sequência correta de execução – instruções de trabalho. Nestas instruções vinham também explícitos, quando necessário, advertências e procedimentos de segurança, no sentido de garantir a prática segura de todas as atividades. No Anexo J, encontra-se, como exemplo, uma instrução de trabalho para a “sleevedora”.

Foram também formuladas *checklists* para as tarefas mais complexas, que apresentavam apenas, de um modo geral, a ordem de execução das operações para completar a tarefa respetiva, sem qualquer tipo de instrução ou descrição do modo de execução das atividades. Pelo contrário, este documento funcionava unicamente como resumo dos procedimentos a realizar para completar cada tarefa em determinada máquina, sendo que tinha como objetivo orientar os operadores na concretização da sequência de operações necessárias a realizar, tornando-se importante na prevenção de erros na execução dos trabalhos mais complexos. Um exemplo deste tipo de documento é apresentado no Anexo K.

Validação da documentação com o chefe do departamento de enchimento

Por fim, os documentos elaborados eram analisados pelo chefe do departamento de enchimento e pelo *team leader* da linha de enchimento 96 que, após avaliação do conteúdo dos mesmos, se encarregavam de validar as respetivas instruções de trabalho e *checklists*. Durante a avaliação das informações apresentadas nos documentos, se necessário, poderia ser acrescentado, retificado ou mesmo melhorado algum aspeto ou informação exposta nesses mesmos documentos.

Depois de validadas, as instruções e as *checklists* eram colocadas nos postos de trabalho da linha e mostradas aos operadores. De seguida, era novamente sublinhada e comunicada a importância do cumprimento dos procedimentos, definidos nos documentos, na realização das tarefas.

5.3 Redução das Paragens por Acumulação

No sentido de encontrar soluções para reduzir a frequência de paragens por acumulação nos transportadores, nomeadamente na curva antes da máquina “sleevedora”, durante o transporte de garrafas de 2L, foi utilizada a Substância Análise-Campo como instrumento analítico. Desta forma, definiram-se como substâncias as garrafas a transportar - substância “S5”, e os transportadores na curva antes da “sleevedora” - substância “S6”, destacados na Figura 5.25. O campo “F2” representa a ação de transportar as garrafas. Assim sendo, este sistema pode ser considerado “completo com efeito prejudicial”, dado que a produção é muitas vezes interrompida por acumulação de garrafas do formato de 2L nesta zona de transporte.

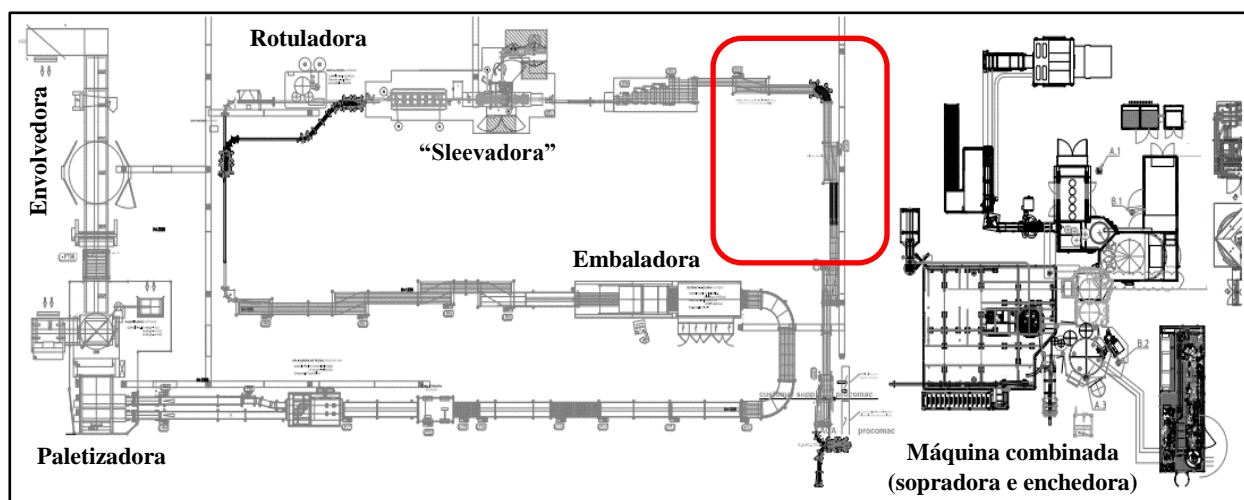


Figura 5.25 - Transportadores (curva antes da "sleevedora")

Identificado o sistema, é necessário eliminar ou reduzir o impacto negativo da sua interação. Para isso, adotou-se a quarta solução geral, que possibilitou a modificação do campo “F2” de forma a reduzir o respetivo efeito prejudicial. Essa alteração consistiu no correto balanceamento da velocidade da máquina subsequente à enchedora e que vem imediatamente a seguir à curva de transporte identificada no layout da linha (vd. Figura 5.25). Isto é, teoricamente, como a máquina combinada sopradora e enchedora é a que define o ritmo de produção, então o equipamento posterior deve trabalhar a uma velocidade 5% superior a esta. Como tal, sabendo que no formato de 2L são produzidas 12000 garrafas por hora, programou-se a rotuladora, que recebe as garrafas que saem da enchedora e que, habitualmente, produzia 11500 garrafas por hora, para trabalhar à velocidade de 12600 garrafas por hora. A alteração do sistema está esquematizada na Figura 5.26.

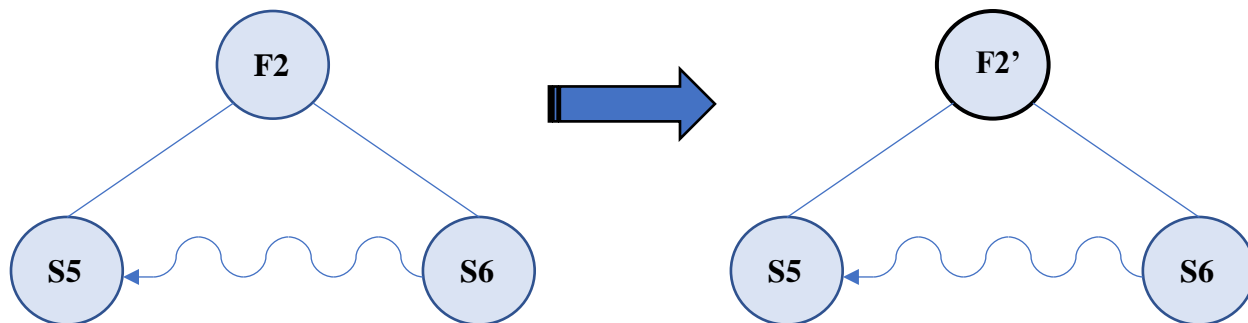


Figura 5.26 - Alteração do campo “F2” – balanceamento da velocidade da rotuladora

Não obstante, o aumento da velocidade originou o acréscimo do número de paragens não programadas por avaria ou encravamento na rotuladora, o que, consequentemente, provocava de igual forma a acumulação de garrafas.

Neste sentido, para garantir efetivamente a eliminação do efeito negativo da interação, considerou-se o acréscimo de outras substâncias. Como solução preventiva, sugeriu-se a introdução de uma mesa de acumulação na respetiva curva identificada – substância S7, de forma a criar mais espaço de acumulação para as garrafas que saem da enchedora e, assim, impedir a paragem da máquina combinada. Para além disso, a implementação de atividades de manutenção autónoma na rotuladora – substância S8, que incluem, por exemplo, a execução de procedimentos de limpeza ou de pequenos ajustes e reparações por parte dos operadores, poderá contribuir para reduzir grande parte das paragens da rotuladora. A introdução das novas substâncias está esquematizada na Figura 5.27.

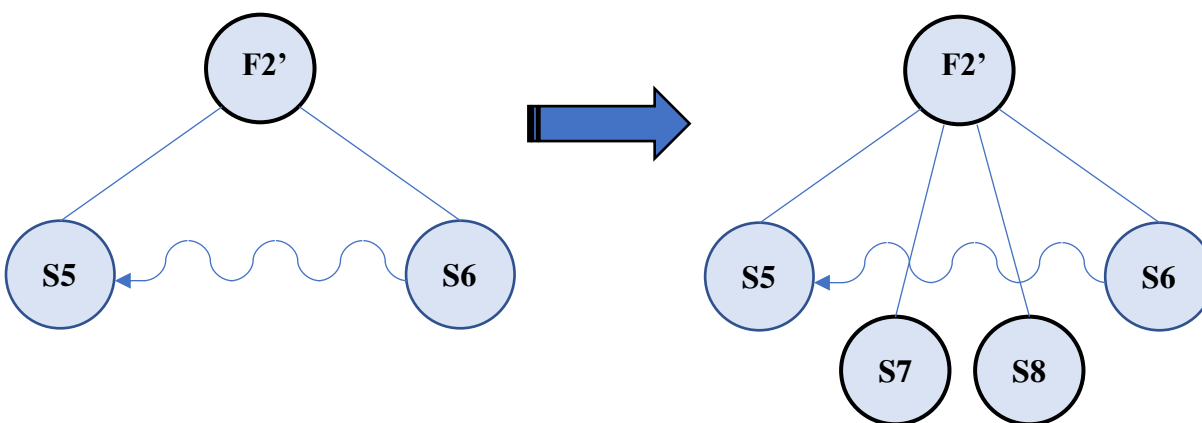


Figura 5.27 - Introdução das substâncias “S7” – mesa de acumulação e “S8” – manutenção autónoma

6. Conclusões Finais, Resultados e Recomendações

Neste capítulo são evidenciadas as conclusões finais do presente estudo, bem como o resultado e os contributos favoráveis da implementação conjunta da metodologia TRIZ e da filosofia *Lean* para a empresa Font Salem. São igualmente recomendadas propostas para trabalhos futuros que possam dar continuidade ao projeto desenvolvido.

6.1 Considerações Finais e Resultados

O sucesso e a sustentabilidade das organizações, num mercado, atualmente, altamente competitivo, passa cada vez mais pela adoção de práticas inovadoras e metodologias que permitam diferenciar as organizações da concorrência e melhorar continuamente os seus processos produtivos. Perante esta conjuntura, a implementação conjunta da filosofia *Lean* com os instrumentos e técnicas de resolução inventiva de problemas fomentados pela metodologia TRIZ pressupõe a criação de soluções inovadoras para problemas detetados e a melhoria sistemática de processos, contribuindo, assim, para aumentar a qualidade dos produtos e serviços, e reduzir o tempo de resposta às necessidades dos clientes.

A linha de enchimento de refrigerantes, na qual incidiu o estudo desenvolvido, é uma linha relativamente recente na fábrica de Santarém, mas, ainda assim, composta por máquinas já usadas e antigas, e por alguns equipamentos protótipos. Nesta perspetiva, tendo como objetivo melhorar o processo de enchimento e aumentar a eficiência da linha, foram identificadas várias oportunidades de melhoria e localizadas algumas situações problemáticas.

Primeiramente, após a análise dos registos dos principais motivos de paragem e dos respetivos tempos improdutivos, verificou-se que o principal elemento responsável pelas baixas eficiências da linha em estudo se centrava na máquina combinada de sopro e enchimento, que funcionava de forma ineficiente. Nesse sentido, no seguimento de algumas sessões de *brainstorming*, foram definidos os parâmetros a melhorar, a fim de aumentar a idealidade do equipamento. Para isso, aplicou-se a Matriz Idealidade, uma ferramenta da metodologia TRIZ. Um dos principais impasses ao aumento da eficiência da linha de enchimento em estudo consistia no elevado tempo de duração das paragens programadas para troca de formato de garrafa.

Posto isto, através da aplicação do modelo Substância-Campo, definiu-se que a solução mais eficaz para reduzir os respetivos tempos de paragem passava pela implementação da SMED, uma ferramenta do *Lean*, no equipamento combinado de sopro e enchimento. Assim sendo, foi possível, com a implementação desta ferramenta, reduzir o tempo associado ao processo de *setup* da máquina referida em cerca de 71,5 minutos. Para além disso, na tentativa de resolver a situação problemática adjacente à falta de formação dos operadores, foi novamente utilizada a análise Substância-Campo que permitiu assinalar, como possíveis ações de melhoria, o desenvolvimento de um programa de formação para novos operadores.

Contudo, uma vez que o objetivo principal da gestão de topo consistia, simultaneamente, na melhoria do parâmetro referente à produtividade e na redução das quebras de produto e materiais (condições contraditórias), recorreu-se a outro instrumento analítico inerente à Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, a Matriz de Contradições. Da aplicação desta ferramenta, constatou-se que o princípio inventivo concretamente aplicável correspondia ao princípio 10 – “Ação prévia”.

Na tentativa de reduzir os desperdícios associados ao processo de enchimento, a nível de organização, limpeza e controlo, foi aplicada a ferramenta do *Lean*, 5S. Inicialmente, foi realizada uma primeira auditoria aos postos de trabalho da linha, que permitiu avaliar, quantitativamente, cada posto em relação aos 5 sentidos. De acordo com essa avaliação e, após ter sido definida, como meta a alcançar, a ponderação de 80% para o desempenho de cada posto de trabalho, decidiu implementar-se esta ferramenta, prioritariamente, nos postos de trabalho da enchedora/sopradora e da rotuladora/“sleevedora”, que apresentavam quantificações muito abaixo da referência objetivo. Por conseguinte, com a implementação das melhorias propostas, a segunda auditoria confirmou um aumento de 22,7% e de 23,9%, respetivamente, no desempenho dos postos de trabalho referidos, em comparação com os resultados obtidos na auditoria inicial. No âmbito da redução de desperdícios, foi também implementado o Trabalho Normalizado, considerada outra ferramenta da filosofia *Lean*, cujo objetivo era uniformizar as operações realizadas em cada posto de trabalho da linha, por intermédio de instruções de trabalho e de *checklists*, a fim de reduzir a variabilidade dos métodos de trabalho, aumentar a eficiência na produção e garantir a qualidade dos produtos.

Seguidamente, no sentido de encontrar e formular soluções eficazes para os restantes conflitos, inicialmente identificados, recorreu-se mais uma vez à Análise Substância-Campo, ferramenta analítica da metodologia TRIZ. Assim, pela aplicação desta ferramenta, verificou-se que o problema associado à acumulação de garrafas no transportador antes da máquina aplicadora de *sleeves* poderia ser resolvido, através do balanceamento da velocidade da rotuladora e da introdução de uma mesa de acumulação no local, de transporte de garrafas, mencionado.

A implementação das soluções propostas, com base na utilização dos instrumentos analíticos da metodologia TRIZ e das ferramentas da filosofia *Lean*, traduziu-se num ganho de, aproximadamente, 15,6% no rendimento produtivo da linha de enchimento em estudo, quantificado a partir do índice de produtividade proposto para utilização pela empresa, como é explícito na Tabela 6.1. Este indicador mede a percentagem de garrafas produzidas por dia relativamente à quantidade teórica possível de produzir. O valor do ganho produtivo poderá evoluir à medida que a adaptação dos operadores às novas práticas e procedimentos aumenta.

Tabela 6.1 - Ganho produtivo após a implementação de melhorias

Índice de Produtividade	Processo de enchimento		
$\frac{\text{Quantidade de garrafas produzidas na enchedora por dia}}{\text{Quantidade teórica de garrafas possíveis de produzir por dia}} \times 100$	Produtividade média diária		Ganho
	Situação Inicial	Após implementação de melhorias	15,6%
	39,50%	55,10%	

Desta forma, conclui-se que o trabalho desenvolvido teve um impacto positivo no processo de enchimento da linha em estudo, permitindo não só o incremento na produtividade da linha, como também a redução de desperdícios e o aumento da disciplina nos métodos de trabalho, que se tornaram menos exigentes, a nível de esforço físico, e mais eficientes.

6.2 Propostas para Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram apresentadas várias propostas de melhoria, das quais algumas foram implementadas e outras apenas sugeridas, não tendo, estas últimas, sido concretizadas no curto período de tempo destacado para a realização do presente estudo.

Assim, com o objetivo de promover a melhoria contínua dos produtos e do processo de enchimento, assinalaram-se como recomendações e propostas a desenvolver, em trabalhos futuros, a introdução de uma mesa de acumulação na curva dos transportadores antes da “sleevadora”, que se verificou ser uma possível solução viável para reduzir a acumulação de garrafas do formato de 2 L; a criação de um *bypass* que permita a passagem de garrafas de 2L, para a rotuladora, paralelamente à máquina aplicadora de *sleeves*, de forma a evitar a danificação de componentes da “sleevadora”; o planeamento de operações de manutenção

preventiva para o misturador (*mixer*) da linha; o desenvolvimento e introdução de um programa de formação para novos operadores, cujo objetivo consiste em capacitar os operadores rápida e eficazmente, no sentido de reduzir erros cometidos e aumentar a eficiência na realização de tarefas; a implementação da ferramenta da filosofia *Lean*, 5S, nos restantes postos de trabalho da presente linha de enchimento; o balanceamento das velocidades da paletizadora e da máquina envolvente de paletes, de modo a evitar acumulação de paletes ou meias paletes no final de linha; o controlo da segurança e o levantamento de problemas ergonómicos, nos postos de trabalho da linha; o estabelecimento de novas metas e objetivos de desempenho a alcançar; e, por fim, o controlo e monitorização das melhorias implementadas.

Referências Bibliográficas

- Abdullah, F. (2003). *Lean Manufacturing Tools and techniques in the Process Industry With a Focus on Steel*. Dissertação de doutoramento, University of Pittsburgh. Maio 2003.
- Ablanedo-Rosas, J., Alidaee, B., Moreno, J., & Urbina, J. (2010). *Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organisations*. International Journal of Production Research. Julho 2010, pp. 37–41. DOI:10.1080/00207540903382865
- AbouRizk, S., Zhang, X., & Mao, X. (2007). *Solutions for Su-Field Analysis*. The Triz Journal. Agosto 2007. Disponível em: <https://triz-journal.com/generalized-solutions-for-su-field-analysis/> [Acedido em 10 Agosto 2017].
- Brady. (2012). *5S / Visual Workplace Handbook: Building the foundation for continuous improvement*. Zele, Bélgica: Brady.
- Brady. (2014). *Create a Visual Workplace: 5S Plus Guide*. Zele, Bélgica: Brady.
- Carvalho, M., & Back, N. (2001). *Uso dos conceitos fundamentais da Triz e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos*. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Setembro 2001. Disponível em: <http://www.decarvalho.eng.br/macartigoiiiicbgdp.pdf> [Acedido em 11 Agosto 2017].
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). *An Industrial Application of The SMED Methodology and Other Lean Production Tools*. Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems. Junho 2013, Volume 1(i), pp. 1–8. DOI:10.13140/2.1.2099.5525
- Dennis, P. (2008). *Estabilidade*. Em: *Produção Lean Simplificada*. Porto Alegre, Brasil: Bookman.
- Font Salem (2017). *Co-Packing*. Santarém, Portugal: Font Salem. Disponível em: <http://fontsalem.com/pt-pt/copacking/> [Acedido em 1 Agosto 2017].

- Gadd, K. (2011). *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ikovenko, S., & Bradley, J. (2005). *TRIZ as a Lean Thinking Tool*. The Triz Journal. Fevereiro 2005. Disponível em: <https://triz-journal.com/triz-lean-thinking-tool/> [Acedido em 3 Agosto 2017].
- Ilevbare, I., Probert, D., & Phaal, R. (2013). *A review of TRIZ and its benefits and challenges in practice*. Technovation. Março 2013, Volume 33(2–3), pp. 30–37. DOI: 10.1016/j.technovation.2012.11.003
- Imen, S. (2005). *SMED (Single Minute Exchange of Dies) or Quick Changeover*. Wizact. Março 2005. Disponível em: wizact.persiangig.com/document/SMED.pdf [Acedido em 25 Julho 2017].
- InnoSkills. (2009). *Instrumentos para o desenvolvimento de soluções inovadoras: TRIZ*. Em: *InnoSkills – Competências de Inovação para PMEs*, pp. 1–37. Amstelveen, Holanda: InnoSkills. Disponível em: http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9._TRIZ_01.pdf [Acedido em 6 Agosto 2017].
- Kim, C., Hayman, J., Billi, J., Lash, K., & Lawrence, T. (2007). *The Application of Lean Thinking to the Care of Patients With Bone and Brain Metastasis With Radiation Therapy*. Journal of Oncology Practice. Julho 2007, Volume 3(4), pp. 189–193. DOI:10.1200/JOP.0742002
- Kumar, P. (2013). *Set up Reduction – A perfect way for productivity improvement of computer numerical control (CNC) set up in manufacturing company*. Journal of Mechanical Engineering Research. Novembro, Volume 5(8), pp. 166–170. DOI:10.5897/JMER12.003
- Lann, J., Negny, S., & Robles, G. (2009). *Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering*. Chemical Engineering and Processing. Janeiro 2009, Volume 48, pp. 239–249. DOI:10.1016/j.cep.2008.03.016
- LEI (2004). *5S Manual*. Cambridge, USA: LEI - Lean Enterprise Institute.
- Li, T., & Huang, H. (2009). *Applying TRIZ and Fuzzy AHP to develop innovative design for automated manufacturing systems*. Expert Systems With Applications. Maio 2009, Volume 36(4), pp. 8302–8312. DOI:10.1016/j.eswa.2008.10.025

- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, USA: McGraw-Hill.
- Liker, J., & Meier, D. (2007). *Estabelecimento de Processos e Procedimentos Padronizados*. Em: *O Modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre, Brasil: Bookman.
- Martin, J. (2009). *Lean Six Sigma for the Office*. New York, USA: Taylor & Francis Group.
- Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Chester: Chemical Engineering Research and Design. Junho 2005, Volume 83(A6), pp. 662–673. DOI:10.1205/cherd.04351
- Meyers, F., & Stewart, J. (2002). *Motion and Time Study for Lean Manufact.* Upper Saddle River, USA: Prentice Hall.
- Miller, J., Domb, E., & Terninko, J. (2000). *The Seventy six Standard Solutions, with Examples Section One*. The Triz Journal. Fevereiro 2000. Disponível em: <https://triz-journal.com/seventy-six-standard-solutions-examples-section-one/> [Acedido em 8 Agosto 2017].
- Moreira, A., & Pais, G. (2011). *Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation*. Journal of Technology Management & Innovation. Março 2011, Volume 6(1), pp. 129-146 DOI: 10.4067/S0718-27242011000100011
- Nakagawa, M. (2012). *Ferramenta: 5s para empreendedores*. Movimento Empreenda. Agosto 2012. Disponível em: http://cms-empreenda.s3.amazonaws.com/empreenda/files_static/arquivos/2012/08/21/ME_5S.PDF [Acedido em 27 Julho 2017]
- Navas, H. (2013a). *TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation*. Em: *Advances in Industrial Design Engineering*, pp. 75–97. Rijeka, Croácia: Intech. DOI:10.5772/55979
- Navas, H. (2013b). *TRIZ Uma metodologia para a resolução de problemas*. Guia de Empresas Certificadas, pp. 26-30. Lisboa, Portugal: Cem Palavras Comunicação Empresarial, Lda.

- Navas, H. (2014a). *Fundamentos do TRIZ: Parte II - Níveis de Inovação*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Maio 2014, Volume 51, p. 3.
- Navas, H. (2014b). *Fundamentos do TRIZ: Parte III - Contradições Técnicas e Físicas*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Junho 2014, Volume 52, p. 3.
- Navas, H. (2014c). *Fundamentos do TRIZ: Parte IV - Análise de Recursos*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Julho 2014, Volume 53, p. 3.
- Navas, H. (2014d). *Fundamentos do TRIZ: Parte V - Idealidade de um sistema*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Setembro 2014, Volume 54, p. 3.
- Navas, H. (2014e). *Fundamentos do TRIZ: Parte VII - Princípios inventivos ou técnicas para vencer conflitos*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Novembro 2014, Volume 56, p. 4.
- Navas, H. (2014f). *Fundamentos do TRIZ: Parte VIII - Modelo Substância-Campo*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Dezembro 2014, Volume 57, p. 3.
- Navas, H. (2015). *TRIZ e Outras Metodologias: Parte I - TRIZ e LEAN*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Maio 2015, Volume 62, p. 6.
- Navas, H. (2016). *Inovação Sistemática e Metodologia TRIZ*. Inovação e Empreendedorismo. Grupo Editorial - Vida Económica, Março 2016, Volume 71, p. 4.
- Navas, H. (2017). *Problem Solving and Increase of Ideality of Complex Systems*. Em: *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*, pp. 305–326. Zurique, Suíça: Springer Nature.
- Navas, H., & Machado, V. (2015). *Systematic Innovation in a Lean Management Context*. TMQ - Techniques, Methodologies and Quality. Volume 6, pp. 159–169.
- Oakland, J. (2014). *Continuous improvement - Lean systems*. Em: *Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases*, pp. 317–318. New York, USA: Routledge.

- Pillet, M., Martin-Bonnefous, C., & Courtois, A. (2007). *Do Just-In-Time à Lean Management e ao Six Sigma*. Em: *Gestão da Produção: para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante*. Lisboa, Portugal: Lidel.
- Pinto, J. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking. Julho 2008, pp. 1–5. Disponível em: http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2º Ciclo - Mestrados/Gestão/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento magro/Introdução ao pensamento magro.pdf [Acedido em 18 Julho 2017].
- Pinto, J. (2014a). *Introdução ao pensamento lean*. Em: *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa, Portugal: Lidel - Edições Técnicas.
- Pinto, J. (2014b). *Os princípios Lean Thinking revistos*. Em: *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel - Edições Técnicas.
- Prabowo, N. (2008). *5S: Workplace organization and standardization*. Jacarta, Indonésia: Productivity & Quality Management Consultants.
- Rangel, D., Freitas, L., Assis, O., & Rêgo, T. (2012). *Increasing production efficiency by the setup time reduction: applying the single-minute exchange of die on a company the beverage industry*. P&D Em Engenharia de Produção. Volume 10(1), pp. 36–49.
- Rantanen, K., & Domb, E. (2002). *Constructing the New Model for Problem Solving: Moving from the Problem to the Ideal Final Result*. Em: *Simplified TRIZ: new problem-solving applications for engineers and manufacturing professionals*, pp. 13–25. Boca Raton, USA: CRC Press LLC.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Cambridge, USA: Lean Enterprise Institute.
- Ruchti, B., & Livotov, P. (2001). *TRIZ - Based Innovation Principles and a Process for Problem Solving in Business and Management*. European TRIZ Association. Novembro 2001. Disponível em: <https://triz-journal.com/triz-based-innovation-principles-process-problem-solving-business-management/> [Acedido em 12 Agosto 2017].

- Savransky, S. (2000). *Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving)*. New York, USA: CRC Press.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland, USA: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *Improving Operations*. Em: *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint*. Portland, USA: Productivity Press.
- Souchkov, V. (2014). *Breakthrough Thinking with TRIZ for Business and Management: an overview*. Sydney, Australia: Internal Consulting Group. Disponível em: <http://www.xtriz.com/TRIZforBusinessAndManagement.pdf> [Acedido em 18 Agosto 2017].
- Sugai, M., McIntosh, R., & Novaski, O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gestão & Produção. Maio 2007, Volume 14, pp. 323–335. DOI:10.1590/S0104-530X2007000200010
- Sundar, R., Balaji, A., & Satheeshkumar, R. (2014). *A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques*. 12th Global Congress on Manufacturing and Management. Dezembro 2014, Volume 97, pp. 1875–1885. DOI:10.1016/j.proeng.2014.12.341
- Suzaki, K. (1987). *New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. New York, USA: Free Press.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. New York, USA: LeanOp Press.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, USA: Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York, USA: Free Press.

Anexos

Anexo A) Operações de *Setup* na Sopradora (Método Observado)

Tabela A.1 - Operações de *setup* na sopradora e respetivas durações - método inicialmente observado

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
1º	Preparar ferramentas para a mudança de moldes, batentes e afinação de cames.	300	Interna
2º	Preparar material de limpeza de moldes	300	Interna
3º	Colocar carrinho de moldes na plataforma elevatória	120	Interna
4º	Preparar caixa com batentes e saco com anilhas	60	Interna
5º	Desabilitar " <i>stretches rods</i> " e " <i>rings</i> " e ativar " <i>cam changeover</i> " no <i>display</i> do equipamento. Rodar seletor para mudança de moldes	300	Interna
6º	Subir plataforma e abrir portinhola da zona de mudança de moldes	60	Interna
7º	Retirar moldes do posto 1 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 1 do novo formato ³	450	Interna
8º	Retirar moldes do posto 2 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 2 do novo formato	450	Interna
9º	Retirar moldes do posto 3 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 3 do novo formato	450	Interna
10º	Retirar moldes do posto 4 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 4 do novo formato	450	Interna
11º	Retirar moldes do posto 5 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 5 do novo formato	450	Interna
12º	Retirar moldes do posto 6 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 6 do novo formato	450	Interna
13º	Retirar moldes do posto 7 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 7 do novo formato	450	Interna
14º	Retirar moldes do posto 8 do formato anterior e substituir pelos moldes do posto 8 do novo formato	450	Interna
15º	Baixar plataforma e retirar carrinho de moldes	60	Interna

³ Os moldes são limpos antes de serem introduzidos.



Tabela A.1 - Operações de setup na sopradora e respectivas durações - método inicialmente observado (Continuação)

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
16º	Abrir portinhola da zona de mudança de batentes	30	Interna
17º	Retirar batente do posto 1 e substituí-lo por batente do novo formato ⁴	180	Interna
18º	Retirar batente do posto 2 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
19º	Retirar batente do posto 3 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
20º	Retirar batente do posto 4 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
21º	Retirar batente do posto 5 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
22º	Retirar batente do posto 6 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
23º	Retirar batente do posto 7 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
24º	Retirar batente do posto 8 e substituí-lo por batente do novo formato	180	Interna
25º	Arrumar material e ferramentas utilizadas	60	Interna
26º	Reposicionamento da came-guia da haste de estiramento (lado esquerdo)	240	Interna
27º	Ajuste dos rolamentos da haste de estiramento (lado esquerdo)	360	Interna
28º	Reposicionamento da came-guia da haste de estiramento (lado direito)	240	Interna
29º	Ajuste dos rolamentos da haste de estiramento (lado direito)	360	Interna
30º	Procurar ferramenta para substituição de inspetor de preformas	30	Interna
31º	Substituir e ajustar inspetor de preformas	420	Interna
32º	Arrumar ferramentas e material	30	Interna
	TOTAL (segundos)	8010	
	TOTAL (minutos)	133,5	

⁴ No formato de 0,33 L são colocadas anilhas em cada batente que é introduzido. No formato de 2 L são retiradas as anilhas dos batentes.


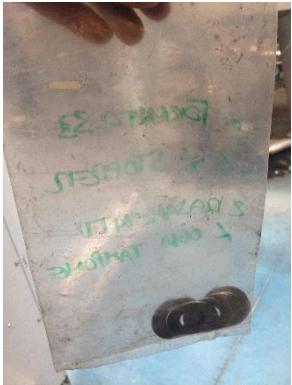


Anexo B) *Checklists* de Preparação do Processo de Mudança de Formato na Sopradora

Tabela B.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários ao processo de mudança de formato na sopradora

Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça
Carrinho de moldes⁵	1	
Moldes laterais (exemplo moldes formato 2 L)	16	

⁵ quando os moldes do formato anterior são retirados, estes são imediatamente arrumados no carrinho de moldes no local correspondente ao número do respetivo molde.

Tabela B.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários ao processo de mudança de formato na sopradora
(Continuação)

Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça
Molde superior (exemplo molde formato 2 L)	8	
Saco para armazenar as anilhas	8	
Anilhas	8	
Batente (exemplo para o formato de 2 L)⁶	1	

⁶ Os batentes para o formato de 2 L são os de tamanho inferior. Os batentes para o formato de 0,33 L são os de tamanho superior.

Tabela B.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários ao processo de mudança de formato na sopradora
(Continuação)



Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça
Caixa de armazenamento de batentes	1	
Inspetor de pré-formas	1	

Tabela B.2 - *Checklist* das ferramentas e materiais necessários para a mudança de formato na sopradora






Nome da ferramenta/material	Função da ferramenta/material	Imagem da ferramenta
Chave de boca/luneta nº13	Aperto/desaperto dos parafusos centrais das chapas onde encaixam os moldes	


Tabela B.2 - *Checklist* das ferramentas e materiais necessários para a mudança de formato na sopradora
(Continuação)

Nome da ferramenta/material	Função da ferramenta/material	Imagem da ferramenta
Chave de boca/luneta nº10	Aperto/desaperto dos restantes parafusos (periféricos) das chapas onde encaixam os moldes; aperto/desaperto dos parafusos do inspetor de pré-formas	
Chave de soquete em L nº 13	Aperto/desaperto dos parafusos centrais das chapas dos moldes	
Chave de encaixe	Chave que serve de encaixe para retirar o molde superior	
Chave boca/luneta nº17	Aperto/desaperto das duas porcas que assentam na parte superior do batente	
Alicate	Serve para segurar o batente e impedir que este rode enquanto se apertam/desapertam as porcas nos batentes	

Tabela B.2 - *Checklist* das ferramentas e materiais necessários para a mudança de formato na sopradora
(Continuação)

Nome da ferramenta/material	Função da ferramenta/material	Imagem da ferramenta
Chave de boca/luneta nº 19	Apertar/desapertar os parafusos das cames	
Álcool	Limpeza dos moldes	
Rolo de papel	Limpeza dos moldes	
Spray lubrificante	Lubrificação	


Anexo C) Instrução de Trabalho para a Troca de Moldes na Sopradora



IT090515

Dpto. de Enchimento/Qualidade

Revisão 2 (Abril 2017)



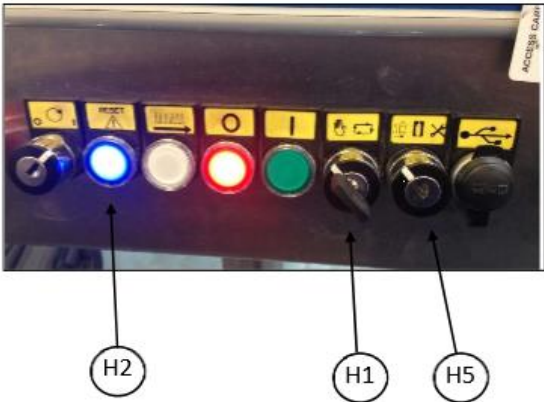
Troca de Moldes Sopradora - Gea Procomac
Mudança de Formato L96

Recorde-se que deve respeitar sempre a sua Segurança e as normas de Segurança alimentar estabelecidas na Empresa.

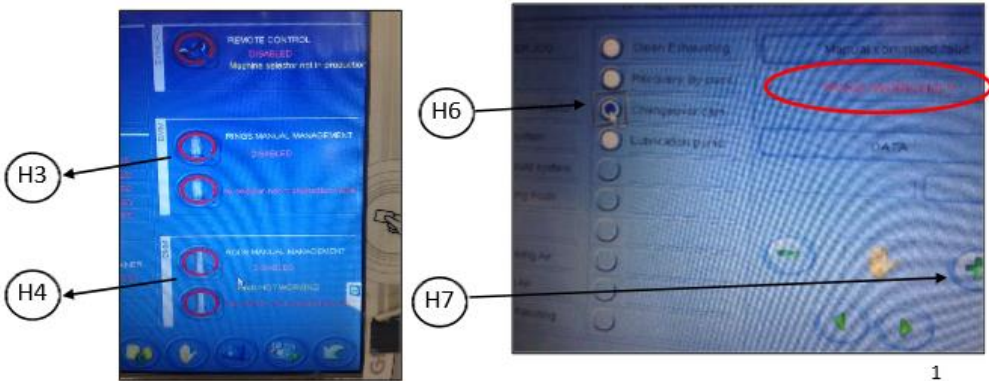
Procedimento

Colocação de Máquina em Segurança

- Colocar Máquina em stand-by:
 - Máquina não em rotação,
 - Máquina não em emergência,
 - Manivela manual não inserida,
 - Ar de serviço habilitado e presente nos circuitos.
- Rode o seletor (H1) do púlpito para manual e o seletor (H5) para a esquerda. De seguida, pressionar Reset (H2).



- Desabilitar "Stretch Rods" (H3) e "rings" (H4). De seguida, na janela de controlo manual, selecionar "Changeover cam" e pressionar o indicador "+" (H6), aparecendo a informação "RINGS WORKING".



1

Figura C.1 - Instrução para a troca de moldes na sopradora

Troca de Moldes Sopradora - Gea Procomac Mudança de Formato L96

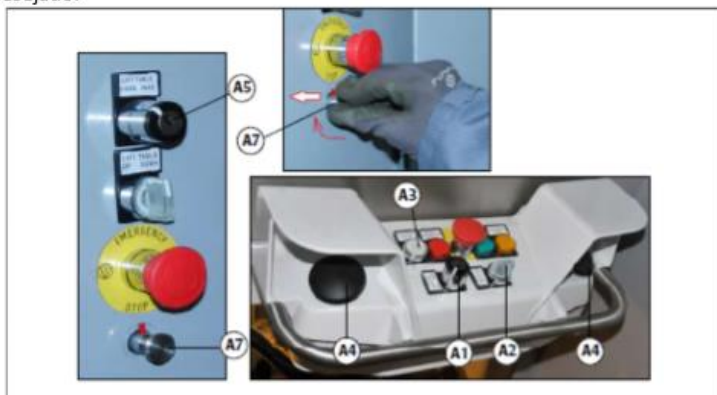
- 4) De seguida rodar o seletor H5 para mudança de moldes (no meio).



- 5) Acione o comando manual de fecho do portão à saída das cames.
6) Acione o comando de desbloqueio dos travões (se necessário).
7) Comande a rotação do carrossel da Sopradora para abrir todos os postos de sopro.
8) Retire a chave (H5) do púlpito do operador.

Mudança de Moldes

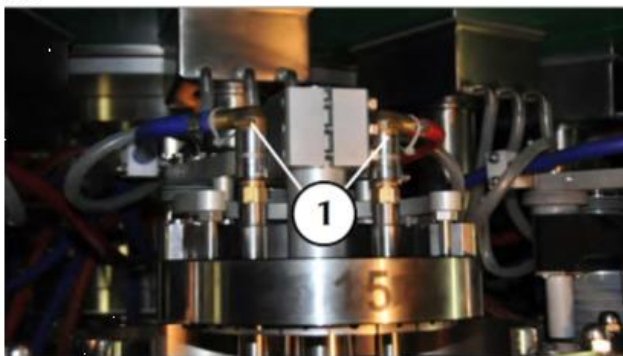
- 9) Se necessário, insira a chave na botoneira externa (A5) e coloque a plataforma ao nível desejado.



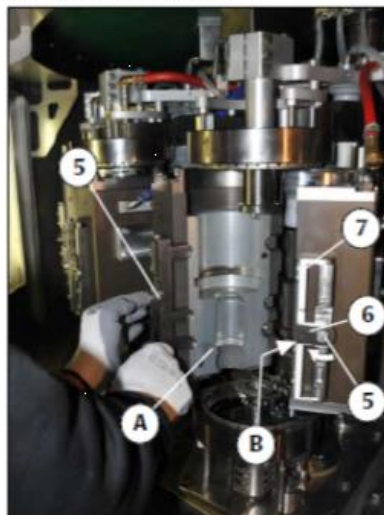
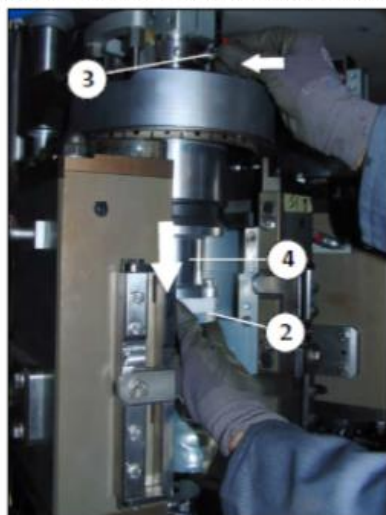
- 10) Retire a chave da botoneira externa.
11) Extraia a chave especial (A7) fornecida para a desmontagem dos moldes de base conforme mostrado (empurre a chave para dentro e rode-a a 90° no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio para a extrair).
12) Aceda à zona de mudança dos moldes com o carro portamoldes fornecido.
13) Feche a porta da zona de mudança de moldes e aguarde a pressurização do ambiente circunstante (mínimo 2 minutos).

Troca de Moldes Sopradora - Gea Procomac Mudança de Formato L96

- 14) Habilite os comandos da plataforma inserindo e rodando a chave (A1) recolhida do púlpito.
- 15) Comande a elevação da plataforma rodando o seletor (A2).
- 16) Efetue o pedido de abertura da porta para a mudança de moldes, premindo o botão (A3).
- 17) Com a portinhola aberta, proceda conforme descrito de seguida:
- 18) Desengate, manualmente, os engates rápidos das tubagens de arrefecimento dos moldes (1).



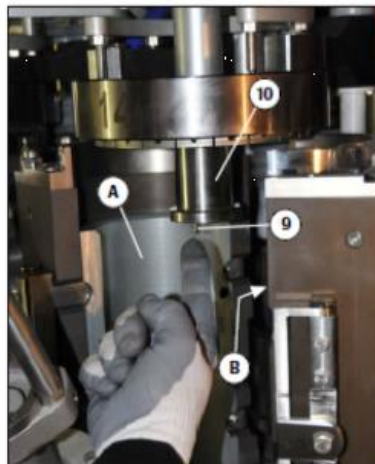
- 19) Mantendo uma mão por baixo da extremidade (2) puxe para fora e rode para a direita o perno de bloqueio (3) cerca de 15°, inserindo-o no respetivo batente.



- 20) Puxe para baixo o tampão (4).
- 21) Desaperte os parafusos de fixação (5) de ambos os semi-moldes (DIR. (B) e ESQ. (A)).
- 22) Rode a 180° o bloco de retenção (6).

Troca de Moldes Sopradora - Gea Procomac Mudança de Formato L96

- 23) Abra os perfis de bloqueio (7) para fora para libertar os semi-moldes.
- 24) Retire manualmente os semi-moldes (8) para fora do lugar (sem forçar a saída com ferramentas que possam danificar os semi-moldes e fazendo-os rodar ligeiramente para o interior da sede do porta-molde).



- 25) No fim, volte a montar os semi-moldes e a extremidade para o novo formato procedendo ao contrário com as operações anteriormente realizadas. Durante esta operação, certifique-se de que monta o semi-molde DIR. (B) e ESQ. (A) no lado correto e de que faz coincidir o orifício presente na extremidade com o perno previsto (9) presente no respetivo suporte (10).
- 26) Engate as uniões rápidas da água de arrefecimento nos respetivos encaixes.
- 27) O operador deverá verificar que a abertura e fecho do molde ocorre sem atrito e fechar o molde.
- 28) O operador, uma vez terminada a mudança dos semi-moldes (e depois de garantir que não há ferramentas na mesa rotativa ou nas suas imediações), acionará o comando (A4) com ambas as mãos, o que fará rodar o carrossel a baixa velocidade até ao posto seguinte. A porta ficará aberta. O operador procederá à substituição de todos os semi-moldes conforme descrito anteriormente.
- 29) Após a mudança do último posto, o operador fechará a portinhola, acionará a descida da plataforma e sairá da zona de mudança de moldes depois de ter levado consigo a chave de habilitação dos comandos.
- 30) Insira a chave no púlpito principal (H5).
- 31) Acione o comando manual de abertura do portão à saída das cames.
- 32) Comande a rotação do carrossel da sopradora para fechar todos os postos de sopro.
- 33) Acione a rotação do carrossel de sopro para fechar todas as estações de sopro.

Substituição de Tampão de Batente

- 34) Rodar o seletor H5 para a posição "Changeover" (no meio).
- 35) Abrir portinhola de acesso à zona inferior da máquina.

Troca de Moldes Sopradora - Gea Procomac
Mudança de Formato L96

36) Identifique o tampão a substituir (C1).



- 37) Com as devidas ferramentas, desaperte a contraporca (C2) e a porca (C3) mantendo o tampão (ref. C1) imobilizado com chave, utilizando os devidos entalhes (C4).
- 38) Substitua o tampão e instale o de comprimento diferente (C5), apertando a porca e contraporca.
- 39) Utilizando a manivela (C3) rode manualmente o carrossel até colocar uma outra estação no ponto correspondente à abertura prevista.
- 40) Substitua todos os tampões conforme descrito.

Anexo D) Operações de *Setup* na Enchedora (Método Observado)

Tabela D.1 - Operações de *setup* na enchedora e respectivas durações (método inicialmente observado)

Ordem da operação	Operação	Tempo (seg)	Tipo de operação
1º	Preparação das ferramentas necessárias	60	INTERNA
2º	Aproximação do carrinho de moldes da enchedora	30	INTERNA
3º	Abertura das portinholas da enchedora	30	INTERNA
4º	Substituição do molde 3	240	INTERNA
5º	Substituição do molde 4	240	INTERNA
6º	Substituição do molde 7	240	INTERNA
7º	Substituição do molde 8	240	INTERNA
8º	Substituição do molde 9	240	INTERNA
9º	Substituição da chapa de saída nº 10	360	INTERNA
10º	Substituição do molde 11	240	INTERNA
11º	Substituição do molde 12	240	INTERNA
12º	Substituição do molde 13	300	INTERNA
13º	Substituição do molde 19	300	INTERNA
14º	Susbtituição do molde 20	300	INTERNA
	TOTAL (segundos)	3060	
	TOTAL (minutos)	51	

Anexo E) *Checklists* de Preparação do Processo de Mudança de Formato na Enchedora

Tabela E.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários à mudança de formato na enchedora





Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça/material	
		Formato 2L	Formato 0,33L
Molde 3	1		
Molde 4	1		

Tabela E.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários à mudança de formato na enchedora (Continuação)







Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça/material	
		Formato 2L	Formato 0,33L
Molde 7	2		
Molde 8	1		
Molde 9	1		

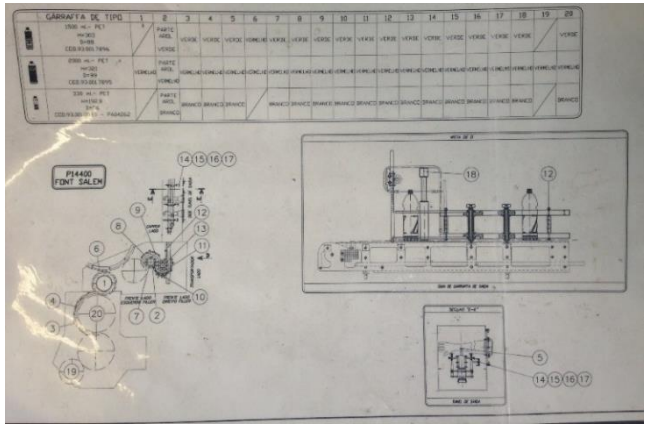



Tabela E.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários à mudança de formato na enchedora (Continuação)

Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça/material	
		Formato 2L	Formato 0,33L
Chapa de saída 10	1		
Molde 11	1		
Molde 12	1		

Tabela E.1 - *Checklist* de moldes/componentes necessários à mudança de formato na enchedora (Continuação)

Nome da peça	Número de peças	Imagem da peça/material	
		Formato 2L	Formato 0,33L
Molde 13	2		
Molde 19	2		
Molde 20	4		

Tabela E.2 - *Checklist* das ferramentas e materiais necessários para a mudança de formato na enchedora

Nome da ferramenta/material	Função da ferramenta/material	Imagem da ferramenta/material
Quadro identificativo dos moldes para cada formato	Permite orientar o operador relativamente à identificação dos moldes e do local onde estes devem ser posicionados, em cada formato.	
Chave de boca/luneta nº 13	Aperto/desaperto dos parafusos das chapas onde encaixam os moldes.	
Chave de boca/luneta nº 19	Aperto/desaperto dos parafusos das chapas onde encaixam os moldes.	
Martelo de borracha/Maço	Permite ajustar a posição de encaixe dos moldes e facilita o desencaixe dos moldes.	

Anexo F) Documentos da 1ª Avaliação 5S

Tabela F.1 - Documento de avaliação de desempenho 5S do posto de trabalho da rotuladora/ "Sleeadora"



 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S		
Audidores: Daniel Ferreira			Posto de Trabalho: Rotuladora/ "Sleeadora"	
Data: 27 / 02 / 2017			Pontuação: 52 (59,1%)	
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações	
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	2		
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	2		
	Não existe informação excessiva e desnecessária	4		
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	1		
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	2		
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	2		
	As zonas de arrumação estão identificadas	3		
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	1		
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	2		
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	2		
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	2		
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	3		
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	1		
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	2		
Padronização	Existência de instruções de trabalho	2		
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	2		
	Existência de planos de limpeza definidos	1		
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4		
Disciplina	Existe formação	2		
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4		
	As normas de segurança são cumpridas	4		
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4		
Critérios de Avaliação				
0	1	2	3	4
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre

Tabela F.2 - Documento de avaliação de desempenho 5S do posto de trabalho da embaladora





 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S			
Auditores: Daniel Ferreira				Posto de Trabalho: Embaladora	
Data: 27 / 02 / 2017				Pontuação: 67 (76,1%)	
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações		
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	3			
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3			
	Não existe informação excessiva e desnecessária	4			
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	4			
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	3			
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	3			
	As zonas de arrumação estão identificadas	3			
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	3			
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	2			
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3			
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	3			
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	3			
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	2			
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	3			
Padronização	Existência de instruções de trabalho	2			
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	2			
	Existência de planos de limpeza definidos	2			
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4			
Disciplina	Existe formação	3			
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4			
	As normas de segurança são cumpridas	4			
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4			
Critérios de Avaliação					
0	1	2	3	4	
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre	

Tabela F.3 - Documento de avaliação de desempenho 5S do posto de trabalho da paletizadora/envolvedora

 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S		
Auditores: Daniel Ferreira			Posto de Trabalho: Paletizadora/Envolvedora	
Data: 27 / 02 / 2017			Pontuação: 70 (79,5%)	
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações	
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	3		
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3		
	Não existe informação excessiva e desnecessária	4		
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	4		
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	3		
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	3		
	As zonas de arrumação estão identificadas	3		
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	3		
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	3		
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3		
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	3		
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	4		
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	2		
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	3		
Padronização	Existência de instruções de trabalho	2		
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	3		
	Existência de planos de limpeza definidos	2		
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4		
Disciplina	Existe formação	3		
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4		
	As normas de segurança são cumpridas	4		
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4		
Critérios de Avaliação				
0	1	2	3	4
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre

Anexo G) Standards de Limpeza







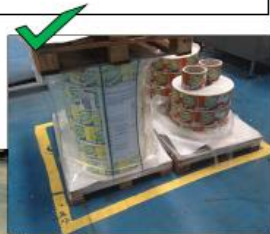
 STANDARD DE LIMPEZA - SL090508		
ROTULADORA – L96		
1 Bancada de trabalho <ul style="list-style-type: none"> ✓ O armário deve estar limpo e organizado por zonas devidamente identificadas. ✓ Os materiais devem estar armazenados nas respetivas zonas destacadas para esse tipo de material. ✓ Diferentes tipos de materiais não devem estar misturados. 	2 Espaço de Trabalho <ul style="list-style-type: none"> ✓ O material de limpeza deve estar arrumado no sítio correcto. ✓ O solo deve estar limpo e sem materiais, rótulos ou garrafas que possam causar perigo ou embaraço. ✓ Não devem ser acumulados restos entre produções. 	3 Consumíveis <ul style="list-style-type: none"> ✓ As fitas consumíveis para a rotuladora devem estar armazenadas perto da máquina e num local destacado para o efeito.
 	 	

Figura G.1 - Standard de limpeza para a rotuladora









 STANDARD DE LIMPEZA - SL090508		
SLEEVA DORA – L96		
1 Bancada de trabalho <ul style="list-style-type: none"> ✓ A bancada de trabalho deve estar limpa e organizada. ✓ Os documentos auxiliares (autocontrolos, Instruções, manuais) devem estar organizados e colocados no respetivo local para o efeito (ex: dossiers e/ou tabuleiros empilháveis). 	2 Espaço de Trabalho <ul style="list-style-type: none"> ✓ O material de limpeza deve estar arrumado no sítio correcto. ✓ O solo deve estar limpo e sem materiais, garrafas ou restos de produção que possam causar perigo ou embaraço. 	3 Consumíveis <ul style="list-style-type: none"> ✓ Os rolos de sleeves devem estar colocados junto à máquina num local destacado para o efeito.
 	 	


Figura G.2 - Standard de limpeza para a “sleeveadora”

Anexo H) Procedimento de Limpeza para os Componentes da Rotuladora



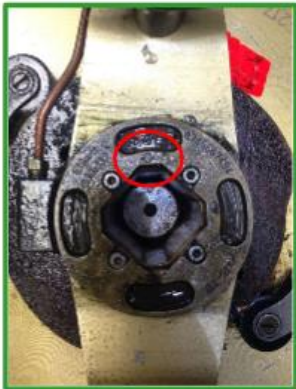

IT090530
Dpto. de Enchimento/Qualidade
Revisão 1 (Maio 2017)

Limpeza da Rotuladora






Procedimento para Limpeza da Rotuladora

- 1) Retirar distribuidor e proceder à sua limpeza com álcool. Voltar a colocá-lo na posição correta (de acordo com a posição da seta).



- 2) Retirar os rolos "Push" e efetuar a respetiva limpeza da mesma forma.



1

Figura H.1 – Instrução para a limpeza dos componentes da rotuladora

Limpeza da Rotuladora

- 3) Limpar os restos de cola envolvente do distribuidor.



Anexo I) Documentos da 2ª Avaliação 5S

Tabela I.1 - Documento de avaliação de desempenho 5S do posto de trabalho da enchedora/sopradora






 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S			
Auditores: Daniel Ferreira			Posto de Trabalho: Enchedora/Sopradora		
Data: 25 / 05 / 2017			Pontuação: 75 (85,2%)		
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações		
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	3			
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3			
	Não existe informação excessiva e desnecessária	4			
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	4			
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	3			
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	3			
	As zonas de arrumação estão identificadas	3			
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	4			
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	3			
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3			
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	3			
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	3			
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	3			
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	4			
Padronização	Existência de instruções de trabalho	4			
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	3			
	Existência de planos de limpeza definidos	3			
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4			
Disciplina	Existe formação	3			
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4			
	As normas de segurança são cumpridas	4			
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4			
Critérios de Avaliação					
0	1	2	3	4	
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre	

Tabela I.2 - Documento de avaliação de desempenho 5S do posto de trabalho da rotuladora/ “sleeadora”

 FONT SALEM		Formulário de Avaliação 5S			
Auditores: Daniel Ferreira				Posto de Trabalho: Rotuladora/ “Sleeadora”	
Data: 25 / 05 / 2017				Pontuação: 73 (83,0%)	
Senso	Parâmetro avaliado	Pontuação	Observações		
Eliminação	Não existem materiais desnecessários na zona de trabalho	3			
	Todos os materiais existentes têm utilização e não apresentam defeitos	3			
	Não existe informação excessiva e desnecessária	4			
	A informação está organizada em quadros ou painéis informativos	3			
	Os materiais, consumíveis e ferramentas estão organizados	3			
Arrumação	Os equipamentos estão nos locais apropriados para serem utilizados	3			
	As zonas de arrumação estão identificadas	3			
	Os pés de máquina estão devidamente identificados	3			
	As ferramentas e os moldes dos equipamentos estão arrumados em locais apropriados e bem identificados	3			
Limpeza	O posto de trabalho encontra-se limpo	3			
	Os equipamentos são limpos regular e periodicamente	3			
	O material de limpeza encontra-se disponível no posto de trabalho	3			
	Existem procedimentos e/ou <i>checklists</i> de limpeza	4			
	As zonas de acesso e circulação encontram-se limpas e desimpedidas	3			
Padronização	Existência de instruções de trabalho	4			
	Existência de métodos de trabalho uniformes e normalizados	3			
	Existência de planos de limpeza definidos	3			
	Utilização de documentos de autocontrolo (registo e verificação de conformidades)	4			
Disciplina	Existe formação	3			
	Existe uma folha de registo diário de paragens da produção	4			
	As normas de segurança são cumpridas	4			
	Todos operadores utilizam uniforme e equipamentos de proteção individual (calçado adequado, protetores auditivos, etc)	4			
Critérios de Avaliação					
0	1	2	3	4	
Não/Nunca	Raramente/Ocasionalmente	Algumas vezes	Frequentemente	Sim/Sempre	

Anexo J) Instrução de Trabalho para a “Sleevidora”




FONT SALEM

IT090519

Dpto. de Enchimento/Qualidade

Revisão 1 (Março)

Ajustar Corte Manga Fuji Seal L96





GRUPO
Damm


Recorde-se que deve respeitar sempre a sua Segurança e as normas de Segurança alimentar estabelecidas na Empresa.

Procedimento

- 1) Na página inicial, selecionar o menu “Máquina”.
- 2) Na vista geral do menu “Máquina”, selecionar a opção “Controlo Aplicação”.



- 3) Na janela Aplicação selecionar a opção “Registo”.



1

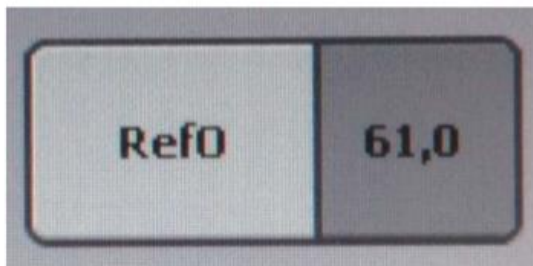
Figure J.1 – Instrução para o ajuste do corte de manga na “sleevidora”

Ajustar Corte Manga Fuji Seal L96

4) No Registro, seleccionar a tecla de ferramentas, ficando esta colorida a verde.



5) Ajustar valor da "Ref0".



- Para DESCER o corte: AUMENTAR o valor da referencia (Ref0)
- Para SUBIR o corte: DIMINUIR o valor da referencia (Ref0)

Anexo K) Exemplo de *Checklist* da Sequência de Etapas de um Procedimento de Trabalho

Tabela K.1 - *Checklist* da sequência das operações a realizar para o arranque de uma nova produção

CHECKLIST ARRANQUE DE NOVA PRODUÇÃO (NO MESMO FORMATO)			
Ordem	Atividade		✓ (Visto)
1º	A	Esgotar tanques do misturador “mixer”.	
	B	Acionar enxaguamento ao misturador “mixer”.	
2º	C	Selecionar “mudança de tipo” de produto no VárioAsseptic (tanque onde o xarope final é pasteurizado).	
	D	Selecionar “mudança de tipo” de produto no VarioStore (tanque de acumulação) antes do tanque chegar aos 4000L.	
4º	E	Selecionar “Fim de Produção” – “Mudança de Produto com Enxaguamento” na enchedora após receção de sinal de nível mínimo no VarioStore (+/- 2000L).	
FIM DE PRODUÇÃO			
5º	F	Início enxaguamento à enchedora (automático).	
	G	Retirar as cápsulas do produto anterior desde o elevador até imediatamente antes do <i>Sterilcap</i> : acionar ciclo de esvaziamento do transportador de tampas e abrir portinhola da guia de entrada para o <i>Sterilcap</i> .	
6º	H	Efetuar drenagem ao misturador selecionando “drenagem completa” no display do misturador e de seguida, selecionar no mesmo display “produção de bebida com gás” e definir o RV (razão volumétrica) da bebida padrão. Por fim, engatar o tanque com o xarope (com abertura de válvula) e ligar misturador.	
	I	Troca de programas na paletizadora e envolvidora; mudança de consumíveis na rotuladora e na embaladora.	
7º	J	Selecionar na xaroperia “Habilitar Pré. Prod. ON” para enviar o xarope do misturador até à conexão de fluidos para purgar as tubagens.	
8º	K	Verificar/confirmar níveis de açúcar e acidez da bebida no misturador.	
9º	L	Selecionar na xaroperia “Habilitar Prod. ON” para enviar o xarope do misturador para o tanque VarioAsseptic.	
10º	M	Retirar e substituir as preformas caso seja necessário.	
11º	N	Iniciar Start-up à enchedora (o VarioStore dá sinal à enchedora quando tiver cerca de 2000L).	
	O	Retirar cápsulas do produto anterior que estão no <i>Sterilcap</i> (ativar esvaziamento no <i>Sterilcap</i>) e que ficaram na tremonha; substituí-las pelas cápsulas do novo produto e, de seguida, acionar ciclo de produção no transportador de tampas e desativar esvaziamento no <i>Sterilcap</i> (quando o enxaguamento à enchedora tiver terminado).	
12º	P	Produção de 20 garrafas vazias para laboratório.	
ARRANQUE DE PRODUÇÃO			